COLLEZIONE
DELL' OPERE

DEL CAVALIERE

CONTE ALESSANDRO VOLTA

PATRIZIO COMASCO

Membro dell' Istituto Reale del Regno Lombardo Veneto, Professore Emerito dell' Università di Pavia, e Socio delle più illustri Accademie d' Europa.

TOMO II. PARTE I.

FIRENZE

NELLA STAMPERIA DI GUGLIELMO PIATTI

MDCCCXVI.

PREFAZIONE

I moltiplici, ed importanti lavori dell' illustre Fisico Italiano sull' elettricità, esposti nei precedenti Volumi, sono tali da collocarlo nel primo posto fra gli Elettricisti, sì per lo sviluppo, che Egli ha dato ai fatti osservati prima di lui, e per averne scoperti una folla de' nuovi, sì perchè ha collocati gli uni e gli altri in un punto di vista chiaro e gli ha espressi in un linguaggio semplice ed esatto, e trovato inoltre i mezzi di sottoporre a rigoroso calcolo, non tanto l'elettricità che manifesta comparisce ai più comuni strumenti, quanto quella che è debole e fugace da non far nemmen sospettare della sua presenza; come pure per aver Egli ingrandite le teorie elettriche connettendo i fenomeni atmosferici coi terrestri, e gli effetti della tranquilla giornaliera evaporazione coll' adunarsi de' nembi procellosi, e collo scroscio del fulmine. Lo spirito d' analisi che chiaro apparisce nel suo modo di vedere i

fenomeni, e nella ricerca di nuovi fatti; la più scrupolosa esattezza che gli misura e gli paragona diretta da un vasto ingegno che in un colpo d'occhio comprende tutte le loro relazioni, per quanto grandiose e recondite: la rara unione di un genio inventore e di una diligenza che non è spaventata dai più minuti particolari; quella serenità di mente che non si lascia sorprendere dalle anomalie, nemmeno quando sembrano favorire l'ingrandimento della scienza, e renderla più brillante: quell'ingenuità colla quale confessa i suoi sbagli ed espone la traccia delle sue scoperte: sono pregi unici, ma nel tempo stesso caratteristici del Volta, che inoltre ha il merito d'aver misurata al primo sguardo tutta la carriera che gli restava da percorrere fin dal momento che Egli vi pose il piede, e nella quale poi ha occupato sì gran campo, da lasciare, in confronto delle sue scoperte, scarse speranze a chi di questo ramo di Fisica si occupasse dopo di lui.

Era infatti per opera del Volta l'elettricità giunta presso a poco a quell'apice di perfezione di cui esser poteva capace relativamente allo stato delle cognizioni d'allora, e questa scienza rimasta forse sarebbe alcun tempo stazionaria, se il caso non richiamava l'attenzione de' Fisici verso una classe di fenomeni per la massima parte fin allora inosservati, e che inerti d'altronde ed infecondi sarebbero restati, se veduti si fossero prima che il Volta portasse tanta luce nell'elettriche teorie, e tanta esattezza nell'eseguire gli esperi-

menti di questo genere. Fu il caso che offerse a Galvani un fatto che gli sembrò nuovo, e del quale occupandosi, venne ad incontrarne altri veramente nuovi, ma il di cui linguaggio non giunse a comprendere, perchè discorde dalle opinioni delle quali fu prevenuto.

I moti muscolari che Egli vide nelle rane preparate, allorchè si scaricava un conduttore elettrizzato nella di cui atmosfera erano immerse, lungi dall' essere da Esso riguardati come effetto dell' afflusso veloce dell' atmosfera elettrica verso il punto della scarica, gli reputò come un fatto di nuovo genere per la fisica, la cui importanza condur potea a rilevanti conseguenze. Riproducendo quindi questo esperimento in altri animali, sì a sangue caldo, che freddo, variandolo, tanto coll' elettricità artificiale, che colla procellosa dell' atmosfera, or positive, or negative, fu indotto sempre più a supporne la causa in un' elettricità che Egli credette propria degli organi animali, ipotesi cui con maggior fiducia si abbandonò dopo aver collegato a questi un fatto di genere del tutto differente, nel quale ottenne gli stessi effetti senza intervento di esterna elettrica atmosfera. Invitato Egli forse dagl' interessanti esperimenti del Volta che sono riportati nel precedente Volume a verificare qual' effetto produr potesse su questi animali, non la tempestosa, ma la blanda elettricità atmosferica, aveva attaccato ad una ringhiera di ferro alcune rane preparate alla nota sua maniera, le quali vidde squo-

tersi da forti convulsioni, specialmente allorchè posto fosse al contatto del ferro un'oncino di ottone. Dubitò Egli dapprimo, che questi moti occasionati fossero da un cangiamento subitaneo nello stato elettrico dell'atmosfera, ma si dissipò ben tosto questo sospetto, allorchè ottenne simili effetti ogni volta che, anche in luogo chiuso, si riproducessero le stesse circostanze di contatto. Di più variò Egli i metalli, i giorni, le ore dell'esperimento, e nonostante, le scosse sempre ricomparivano quando due metalli formassero arco di comunicazione fra un membro e l'altro dell'animale, e meglio fra nervo e muscolo. Esclusa pertanto l'influenza in questo fatto di qualunque causa estranea all'apparecchio, ed in questo solo trovar dovendosi la causa del fenomeno, non poteva essa supporsi che o nelle sostanze animali, considerando come passivo l'arco metallico, o sivvero riguardar si dovevano come eccitatori di questi movimenti i metalli, e passive le parti animali. Alla prima di queste due ipotesi si attenne il Fisico Bolognese, perlochè considerò il corpo della rana come dotato di un'elettricità propria, naturale, che fosse posta in circolazione per l'arco metallico, appunto come nelle ordinarie esperienze colla boccia di Leyden l'arco di comunicazione fralle due superficie pone in equilibrio il fluido di entrambe: confronto per ogni riguardo seducente, per render il quale sempre più esatto, suppose due stati contrarj di elettricità, negativo nei muscoli, e positivo nei nervi, e che

queste due forze contrarie distintamente esercitassero la loro reciproca influenza fra l' uno e l' altro di questi sistemi, per quanto uniti siano gli organi nei quali esse risiedono, appunto come stati contrari di elettricità si ravvisano nella turmalina e nei pesci elettrici; ipotesi che Egli credette bastantemente convalidata dal vedere accresciuti di vigore i fenomeni elettrici, quando armava i nervi con una sottil foglia metallica. Quest' istessi fenomeni però, mentre illanguidivano e sparivano affatto se la rana non era di fresco preparata, in tutta la loro primitiva energia andavano ricomparendo allorchè l' arco si costituiva da metalli fra loro differenti.

Fatti così nuovi e sì lontani da ciò che aveva l' elettricità fino allora presentato all' osservazione dei Fisici, sembravano dare ampie speranze che ben tosto schiariti si sarebbero i fenomeni fisiologici, nè accolti esser potevano generalmente se non con trasporto, e curiosità. L' esperienze del Galvani divennero infatti l' occupazione dei filosofi di Europa: già si tentava d' indovinare per mezzo di esse quali fossero gli agenti Fisici che pongono i corpi esterni in comunicazione collo spirito; già l' elettricità sostituita in vece de' fluidi fino allora supposti in circolazione per i nervi, onde trasmettere le sensazioni, sembrava atta a darci una più congrua spiegazione della rapidità delle percezioni, e quasi si credeva giunto il momento di vedere sciolto questo problema giustamente riguardato come insolubile. E di tanto v' era

forse da lusingarsi, se il complesso degl'indicati fenomeni stato fosse consentaneo all'ipotesi del Galvani, ma le lusinghe concepite sopra un sistema così seducente sparvero davanti al severo linguaggio di sperimenti meglio variati, e connessi per le loro intrinseche relazioni, allorchè il Volta imprese ad esaminare quegli del Galvani, e le conseguenze che n'erano state dedotte. Tutte quelle sperienze infatti, per quanto in apparenza variate, se bene si osservino, a nient'altro si riducono, che a porre in comunicazione un nervo ed un muscolo armati di metalli simili o differenti, per i quali sperimenti suppose sempre essenziale il contatto mediato o immediato fral muscolo, ed il nervo, come fralle due superfici esterna ed interna della boccia di Leida, che Egli avea presa come interprete di ciò che accader vedeva nelle rane.

Ma venne a mancare affatto il paragone allorchè riuscì al Volta di ottenere i moti convulsi, egualmente che al Galvani, non più toccando i nervi ed i muscoli, ma i nervi soli, che facea sporger fuori dalle membra preparate delle rane, e di più dopochè aveva rilevato che l'elettricità artificiale promuoveva sugli animali i movimenti stessi che si ottenevano per mezzo delle armature dissimili. Che cosa dunque dedurre di più manifesto, e naturale da ciò, se non che l'azione vicendevole del nervo e del muscolo non è la causa prima delle contrazioni, ma che anzi queste possono essere egualmente promosse, o dalle armature, o

da qualunque artificiale elettricità versata sulle membra animali? Inoltre l'identità dei fenomeni ottenuti dalle armature metalliche dissimili, e dall'esterna artificiale elettricità, fa fortemente sospettare che non solo al movimento rapido di questo fluido si debbano le contrazioni delle rane preparate, ma che le armature atte sieno ad eccitare l'elettricità. Non è però che se il contatto de' nervi e dei muscoli non possa più riguardarsi ora col Galvani, come causa prima ed essenziale dei moti delle membra preparate, l'azione loro reciproca sia del tutto estranea al fenomeno, che anzi il Volta stesso rilevò, che la causa dei moti muscolari principalmente risiede nei nervi, in quantochè diramandosi essi per tutti i fasci muscolari vi conducono il fluido elettrico.

Ad un'altra ricerca apriva il campo questa prima osservazione, allorchè co' Fisiologi si distinguessero i nervi in due classi, gli uni che si distribuiscono ai muscoli soggetti all'impero della volontà, e gli altri più indipendenti da questa. Diversa infatti il Fisico di Pavia trovò l'influenza delle armature, mentre vivaci e molto sensibili erano i moti allorquando le applicò ai muscoli volontari, deboli e languidi furono ravvisati applicandole a quegli ne' quali la volontà non ha un potere diretto. Restava finalmente ad osservarsi se i nervi destinati unicamente alle sensazioni fossero soggetti all'azione delle armature, e se mai lo erano, quale su di loro fosse l'effetto di queste. Per quanto difficile a prima vista sembrasse la soluzione di que-

ste due questioni, il Volta vi s'imbattè tentando gli effetti delle armature dissimili sopra la lingua, per vedere com'esse operassero negli animali vivi, su i muscoli meno vestiti d'integumenti: nel qual caso applicandole all'apice di quest'organo, lungi dall'ottenere i consueti movimenti convulsi, risentì una sensazione acida; allorchè le applicò alla base, ottenne i moti convulsi, e finalmente ebbe una sensazione di luce toccando colle armature il bulbo dell' occhio, onde da questi esperimenti rilevò che non solo gli organi animali sono puramente passivi, ma che l'azione delle armature occasiona sui differenti nervi lo stesso effetto di uno stimolo esterno. Fatti che conducevano a verità sì irrefragabili e manifeste meritavano di essere esaminati sotto punti di vista differenti, lochè il Volta fece invertendo la posizione dei metalli, nel qual caso ottenne una sensazione che può dirsi inversa della prima, giacchè era urente ed alcalina; si servì inoltre di metalli diversi, e diversa fu l'energia della sensazione: dipiù non si limitò ai soli metalli per uso di armatura, ma adoprò carbone e metallo, ottenendo costantemente gli stessi fenomeni; dal che il celebre Fisico si credette in diritto di dedurre che la facoltà eccitatrice non fosse esclusiva dei metalli, ma comune ai corpi conduttori, ciascuno però in differente grado e forza. Che poi la sensazione sia promossa non da'conduttori presi separatamente, ma dalla loro riunione in armature, facilmente lo prova l'applicazione inefficace di metalli separati e soli, sulla

lingua o sugli occhi, mentre le sensazioni costantemente si riproducevano all'applicazione simultanea dei due metalli. Non era ignoto alla Fisica il fatto riportato della sensazione che si manifesta sulla lingua nell'applicazione simultanea dei due metalli, ma Sulzer lo aveva osservato in un tempo in cui la scienza elettrica non gli somministrava una soddisfacente spiegazione, perlochè ricorse alle vibrazioni da essi operate sulla lingua.

In tutte le precedenti esperienze che costituiscono i primi lavori del Volta su questo nuovo ramo di elettricità, la natura differente di due corpi conduttori dovea a buon diritto riguardarsi come la condizione essenziale dell'armatura, nè pareva che i fenomeni sopraindicati ottener si potessero senza che i conduttori differenti fosser messi in contatto fra loro e colle parti animali. Ma restava fra gli esperimenti del Galvani un fatto che solo ed isolato sembrava rovesciare questa conseguenza, e che il celebre sperimentatore di Pavia non volle lasciar di discutere. Infatti accadeva talvolta di ottenere i moti convulsi nelle rane coll'applicazione di un solo metallo. Ma se considerar si voglia che lo stato differente di tempera, di ossidazione, di compattezza, di levigamento, di lucidezza, di calore, esser possono altrettante cause che in maggiore o minore grado talmente variino lo stesso metallo, lo stesso pezzo di metallo in due punti, in modo che emular possa i fenomeni di due metalli differenti, se si aggiunga che il Volta coll'indurre questi differenti cangia-

menti in pezzi dello stesso metallo che in avanti non eccitavano i movimenti muscolari, gli rese capacissimi di ciò, se finalmente si rifletta che una stessa sostanza variando di confricatori o di stato di superficie atta pur diviene a concepire un differente stato di elettricità, questo fatto prodotto dal Galvani perderà quell'aspetto d'importanza col quale si era mostrato in principio. Che anzi dopo ciò serve a stabilire che i conduttori, comunque dissimili, sono atti a promovere i fenomeni che il Galvani attribuiva allo sbilancio di elettricità fra' nervi ed i muscoli, mentre questi, ripetiamolo pure di nuovo, non servono che a trasmettere lo stesso fluido, lochè eccita probabilmente le contrazioni, in quanto che la minor conducibilità delle parti animali offre un passaggio men franco alla elettrica corrente. In tal caso dunque i fenomeni in questione riguardar si dovrebbero come promossi dai corpi conduttori dissimili che eccitano l'elettricità, allorchè si pongono in contatto, e che la trasmettono per un corpo men conduttore, pel quale essà passa e ristabilisce l'equilibrio fra i due corpi eccitatori. Le contrazioni pertanto sono più facilmente operate quanto maggiore è la sensibilità elettrica delle parti animali poste nel circolo, le quali in tal caso non farebbero che l'ufizio di Elettrometro; talchè, come ognun vede, i due Campioni di questo nuovo ramo di fisica riguardavano il fenomeno in un modo affatto opposto.

Ridotta la condizione degli eccitatori alla loro

differenza di natura o di stato, le teorie del celebre Fisico di Pavia non solo acquistarono una generalità maggiore, ma si consolidarono sempre più: che anzi quelle forze stesse che in avanti le avrebbero fatte crollare, servirono per dar loro nuovo fregio e consistenza. Tali furono gli esperimenti del Dottor Valli, che ottenne i moti convulsi nelle rane toccando fra loro alcune parti dell'animale senza intervento di eccitatori, dal qual' esperimento, che sembrava ristringere di nuovo il potere elettrico nelle membra animali, il Volta ripetendolo, e meglio osservandolo, rilevò anzi in modo inconcusso, che l'essenziale condizione era che le parti in contatto fossero, e di natura dissimile, e di più, tinte con un corpo estraneo sicchè necessario sempre si trovava il contatto di tre sostanze differenti: fatto non meno luminoso del precedente, e che attribuendo sempre l'eccitamento ai corpi dissimili, n'estende la facoltà non solo ai conduttori ma anco ai semicoibenti. Tutti i corpi conduttori differenti perfetti o imperfetti atti son dunque ad eccitar la corrente, ogni volta che vengano in contatto, talchè questa ottener si può non tanto fra due metalli ed un corpo umido, quanto fra due corpi umidi ed un metallo; e finalmente, sebbene con minor' energia, fra tre corpi umidi dissimili. Ecco come il variare ingegnosamente gli esperimenti, il discutere con severità quali siano le condizioni essenziali, e quali le indifferenti al fenomeno, il coordinare i fatti a seconda della loro natural con-

nessione, il ridurli a quel linguaggio che resulta dal loro complesso, il separare le illusioni dai fatti, le false prevenzioni dalle conseguenze legittime e genuine, condusse il nostro celebre Fisico a stabilire principii solidi, a trionfare di tutte le opposizioni, ed a far servir di base al suo edifizio quei materiali stessi che se gli lanciavano contro per abbatterlo.

Fin quì non si era dubitato che all' elettricità fossero dovuti questi fenomeni, e il disparere fra le due parti verteva solo sulla causa che la sviluppa. A che altro infatti, se non all' elettricità, attribuir si dovevano, quando l' istesse contrazioni si ottengono egualmente dai contatti delle dissimili armature, e dall' elettricità artificiale? Quando le due sensazioni del gusto si trovarono dal Volta identiche con quelle che sulla lingua si occasionavano dalla elettricità positiva, e negativa della Macchina? Quando le trasmissioni della corrente eccitata in questi contatti seguivano la stessa legge di quelle dell' ordinaria elettricità?

Pur nonostante fu necessario provare con maggior evidenza che all' elettricità, ed a quella stessa della macchina, e dell'atmosfera, dovuti erano questi fenomeni; inquantochè, se si conveniva di un' elettricità, s' intendevano però necessarie alcune vaghe ed ipotetiche restrizioni sulla natura di essa, anco da molti di quelli che l' ammettevano. Era di più essenziale il richiamare i nuovi fenomeni alle misure dell' ordinaria elettricità, poichè affine di togliere completamente agli occhi dei me-

no veggenti, o de' prevenuti le concepite lusinghe per un' elettricità propria animale, escluder dovendosi affatto nel circolo le parti organiche, col perdere le contrazioni muscolari la prova e la misura dell' elettrica corrente pur si perdeva, ed i molti e luminosi sperimenti dal Volta stesso per l' avanti istituiti sull' elettricità artificiale de' corpi, e soprattutto sull' atmosferica, erano una convincente prova di qual vantaggio alla scienza fosse il valutare le minime elettricità, e calcolarne le relazioni. Una misura dell' elettricità che promoveva le contrazioni il Volta l' aveva trovata confrontando l' effetto delle armature con quello di tenui scariche della boccia di Leyden, scariche delle quali nota gli era la forza per la divergenza dell' Elettrometro: ma ciò non toglieva il dubbio che queste fossero due cause, che quantunque d' indole affatto diversa, rappresentar si potessero con una stessa misura. Finalmente quando giunti si fosse a stabilire che la causa di questi fenomeni era il fluido elettrico, ed a renderlo, per così dire, palpabile per mezzo del condensatore e dell' elettrometro, si giungeva anche a schiarire in modo inconcusso in quali degli elementi costituenti l' arco risiedesse l' eccitamento elettrico, e qual di loro facesse solo la funzione passiva di conduttore.

E se la questione appellar si doveva a quei due preziosi strumenti, chi avea miglior diritto d' interpetrarne il linguaggio, del Volta a cui si dovea l' invenzione e l' uso magistrale del primo, e che tanto avea perfezionatò il secondo? Chi meglio di

Lui potea discutere la questione dopochè col condensatore alla mano si era aperta la via a verità nuove, e le avea tanto illustrate? Impugnando Egli dunque due dischi isolati uno di zinco e l'altro di rame, privi affatto di artificiale elettricità, mise le loro facce in contatto, e quindi separatele, ed esaminate, sì al duplicatore di Nicholson, sì al condensatore elettrometro, come anche al solo elettrometro, vide che il disco di zinco era divenuto elettrico in più, quello di rame in meno, stato elettrico di cui non solo si accertò colle prove ordinarie, ma che Egli rese manifesto colle scintille ottenute per mezzo di replicati contatti. Così Egli pose in lume chiaro ed evidente non tanto che la causa motrice degli enunciati fenomeni è l' elettricità, quanto ancora indicò qual sia lo stato di questo fluido in ciascuno de' due metalli dopo il contatto, e dimostrò che non alle parti animali, ma ai corpi conduttori, negli ordinarii esperimenti di due metalli in contatto fra loro e colla rana, attribuir deesi lo sbilancio della elettricità. Che se dopo un' esperimento sì capitale e decisivo restato fosse da desiderare un' ulteriore dimostrazione su i fatti precedenti, se per convincere sempre più dell' identità della causa che fa divergere l' elettrometro con quella che opera le contrazioni muscolari, fosse anco stato necessario di metter fra loro in confronto i movimenti dell' elettrometro e delle rane preparate, fu questo confronto ancora instituito dal Volta, e la consuonanza fra la quantità e la durata delle

contrazioni, e la divergenza dell' elettrometro fu sì perfetta, che raro è che riesca d' incontrare un' accordo cotanto esatto in ogni altro sistema di esperienze, nelle quali lo stesso agente si applichi a materie differenti.

Fa veramente maraviglia il vedere come in fatti sì parlanti e sì semplici il lume della verità non solo sia sfuggito agli occhi dei più, ma che per renderlo manifesto abbisognato vi sia un complesso esuberante di esperimenti tendenti a dimostrare di nuovo ciò che era di già bastantemente schiarito: fa maraviglia che tuttora alcuni Fisici si pregino di conservare una fede ferma ed intatta per l' elettricità animale. Ed a che altro attribuir dovremo ciò, se non che all' aver essi non conosciuta abbastanza la serie dell' esperienze del celebre nostro Fisico, mentre è impossibile il non penetrarne il senso inteso che ne sia il linguaggio? A questa stessa poca cognizione di tutto il complesso dei fatti osservati da Volta sull' elettricità dei contatti, attribuiremo pure l' ingenuità colla quale si producono tuttora al di là de' monti alcuni esperimenti come nuovi, e come scoperte di grande importanza, ma che da molti anni pubblicati furono dal Fisico Italiano, come parte, benchè piccola, dei suoi lavori. Che se ordinariamente

. . . . . . nasce a guisa di rampollo
A piè del vero il dubbio . . . . . .

ciò tantopiù avviene quando la dimostrazione si appoggia sopra esperimenti d' indole tale, da non essere facilmente, e con certezza di buon successo

ripetuti da chi non è in questo genere di ricerche molto addestrato, i quali sperimenti e meno atti sono ad esser conosciuti, nè valgono a persuadere così di leggero il maggior numero, che solo dalla quantità dell'effetto arguisce della certezza dei principj. Per parlar dunque a questi in un linguaggio più aperto, il Volta andò cercando un mezzo facile, col quale accumulare quantità maggiori di elettricità, nè le sue speranze andarono deluse.

Se riflettiamo su ciò che accade nel contatto de' due dischi, è facile l'accorgersi che si accumula il fluido elettrico nello zinco, perchè questo si appropria l'elettricità naturale del rame, il quale, se comunicasse col terreno, si rivarrebbe su di esso della perdita che avea fatto cedendo al disco coniugato parte del suo fluido naturale. Se dunque un corpo umido è soprapposto a questa prima coppia, il quale si equilibri collo stato elettrico della piastra superiore, una coppia consimile soprapposta alla prima sarà riguardo alla inferiore nella stessa relazione che la prima col terreno: sarà dunque in uno stato elettrico rappresentato aritmeticamente da due, mentre quello della coppia sottoposta equivarrà ad uno: ed in simil guisa ragionando, dalla soprapposizione di tre, o più coppie metalliche simili, egualmente disposte, ed intercette da un corpo semiconduttore, ottener si potrà un proporzionato aumento di elettricità, e le resultanze dell'esperimento in diversi modi variato, tanto soprapponendo coppie metalliche, tanto immergendole due a due in vasi distinti di

acqua messi in comunicazione per mezzo di archi metallici, provarono al Volta l'esattezza di questo raziocinio.

E potea pure riguardarsi come un gran passo per la scienza il giungere ad ottenere uno stato considerabile di tensione elettrica col solo contatto di varie coppie metalliche intercette da corpi umidi, o in generale colla regolare soprapposizione di corpi semicoibenti e deferenti, o di tre corpi dissimili dell' una e dell' altra specie; ma l'invenzione di uno strumento di tal genere ha un molto maggior pregio per le sue particolari proprietà. La celebre pila del Volta, a cui Egli giunse per questa via, ha il pregio di rivaleggiare cogl' istrumenti elettrici che la Natura ha creati fra gli animali e fra i minerali. Che cosa infatti vi è che meglio rammenti le commozioni della pila, la facilità colla quale si riproduce la scarica, quanto le scosse elettriche del Ginnoto, del Siluro e della Torpedine? Qual maggiore congruenza fralla distribuzione degli elementi della pila e la conformazione degli organi elettrici di questi pesci, come dopo gl' Italiani lo ha dimostrato Geoffroy? E se questo confronto sembrato fosse a qualcuno un frutto piuttosto della prevenzione che di una giusta analogia, qual più patente conferma di quella che ne ha data il Volta con due pile fasciate, contigue ed immerse nell' acqua, dalle quali, ravvicinandole, si ottiene una scarica? Un' altra non meno aperta analogia questo strumento ha colle sostanze minerali elettriche per

calore, nelle quali il massimo di tensione degradando dai poli al centro ove essa è a zero, la distribuzione del fluido elettrico è da un polo al suo opposto, come nella pila isolata.

Fu l'invenzione di questo istrumento che richiamò particolarmente l' attenzione dei Fisici verso questo ramo di scienza che il Volta si era educato Egli stesso fin dal di lui primo nascere, e lo aveva reso non men grande che fecondo. Fu solo a quest' epoca che importanti lavori s'intrapresero da altri su questa elettricità, mentre il Volta era pur tuttora occupato a dover dimostrare con maggiore evidenza, se fosse stato possibile, l'identità del fluido elettrico delle ordinarie macchine con quello che si sviluppa dai contatti, ond' è che ne identificò i fenomeni coll' ottenere dalla pila le attrazioni, le repulsioni, la carica della boccia, e tutti gli ordinari fenomeni della elettricità, e questi esperimenti ricevettero una conferma, se pure avuto ne avessero d' uopo, da Van Marum.

Tale è in ristretto la carriera che il celebre sperimentatore Italiano in questa parte della Fisica ha percorso: ove con passo non meno fermo che franco ha progredito rapidamente di scoperta in scoperta senza che, dopo i primi fatti caduti nelle mani del Galvani, Egli sia debitore a veruno di qualche osservazione importante, o di una qualche notabile rettificazione della sua teoria. Di più Egli ha presentite non poche delle scoperte alle quali in seguito altri sono giunti per mezzo della

sua pila, come alcune modificazioni fatte dappoi a questo istrumento: ed in tutto il progresso delle sue osservazioni (ci sia permesso il dirlo a gloria dell' Italia e della verità) tanto superiore si è mostrato ai suoi contemporanei nell' arte di sperimentare, e nel modo di concepire gli sperimenti, che tutti i suoi lavori hanno dato un nuovo aspetto alla scienza.

Permanente è la causa che opera la tensione elettrica nell' elettromotore, e che la ristabilisce quando, per mezzo di una scarica, indotto siasi l' equilibrio, sicchè dagli estremi della pila, o da due coppie comunque distanti, si ha una serie di scosse sì continuate da somministrare una uniforme corrente; ma per quanto eguali esser possano le tensioni in pile della stessa somma di superficie, non ne sono però sempre identici gli effetti quando molto differiscano i diametri delle lamine metalliche, poichè sopra una maggiore ampiezza più lento è il ristabilimento del massimo di tensione, ma più forte l' effetto del primo istante, e però più atte si trovano le pile di gran diametro alla combustione dei metalli, mentre che le pile di minor diametro più agevolmente operano le decomposizioni de' liquidi. Ermann poi prendendo ad esaminare la qualità conduttrice delle diverse sostanze relativamente a ciascuno dei due poli, ha trovato che alcuni fra i semi-conduttori, mentre offrono un facil passaggio all' egresso della corrente, ne impediscono l' ingresso, e viceversa; effetto invero riconosciuto dissimile da ciò che

presentano le due correnti della boccia di Leyden, ma la differenza di questi fenomeni probabilmente è occasionata dalla diversa velocità e forza ne' due esperimenti.

Carlisle, e Nicholson immergendo in una massa di acqua due fili metallici comunicanti co' due poli della pila ottennero uno sviluppo di gas da ciascun filo, i quali esaminati si trovarono essere ossigeno ed idrogeno nelle stesse proporzioni che costituiscono l'acqua, talchè l'azione della corrente motivata specialmente da' dischi di minor diametro fu riconosciuta atta a decomporre questo liquido, ond' è che fino da quel momento la pila divenne un nuovo istrumento d'analisi per la Chimica. Ma in tal caso essendo ordinariamente ad una certa distanza gli estremi de' fili conduttori, la stessa molecula dà ossigeno ed idrogeno? o sivvero l'equilibrio si ristabilisce per una serie intermedia fra due molecole lontane, una delle quali dà l'ossigeno e l'altra l'idrogeno? La seconda di queste opinioni par più probabile, ma non è questo il luogo di discuterla. La stessa decomposizione dell'acqua che si opera agli estremi dei fili conduttori incontrandosi anco fralle coppie della pila, non mancò chi sospettasse essere dall'ossidazione di queste promosso lo sviluppo dell'elettricità, dimenticando forse che lo stato positivo e negativo delle due lamine ottenuto pure si era dal Volta senza intervento di conduttori umidi. Inoltre si sono costruite con effetto le pile senza che l'ossidazione vi avesse luogo, e di più Biot sot-

toponendo all' esperienza la pila prima e dopo che la corrente elettrica vi circolasse, non trovò che aumentato si fosse lo sviluppo dell' elettricità dopochè l' ossidazione era aumentata dall' azione della corrente sulla pila stessa.

La decomposizione dell'acqua per mezzo di tale strumento presentava in sostanza due fatti distinti, la risoluzione dell' acqua nei suoi due elementi primitivi, ed inoltre la costante attrazione, dell' ossigeno dal polo positivo, dell' idrogene dal negativo. Quest' ultima proprietà più estesa e più generale fu riconosciuta da Hinsinger e Berzelius, allorchè sottoponendo invece dell' acqua un'acido, la decomposizione era pure operata col trasporto costante dei suoi elementi ai due poli della pila, ovvero di un sale, di cui l'acido compariva al polo positivo, l' alcali al negativo, e finalmente da un simil trasporto degli elementi delle sostanze saline che umettano la pila stessa. Tosto che però il polo positivo presentando una forte attrazione per l' ossigeno diveniva un disossigenante di prim' ordine, tostochè si giunse inoltre ad isolare sopra una stessa sostanza, sopra una stessa massa l' azione di ciascun polo in modo che non potesse essere contrabbilanciata dall' azione dell' altro, si poterono allora con felice successo sottoporre a questo nuovo metodo di analisi le sostanze più ribelli alle ordinarie chimiche operazioni, ed allora nacque fralle mani del celebre Davy una folla di fatti nuovi, e che oltre all' estendere le nostre cognizioni sui principii costituenti dei corpi, e

sul modo di agire dell' elettricità, hanno rettificato con nuovi teoremi le chimiche dottrine, ed indicato che la causa delle affinità risieder possa nella differenza di stato elettrico delle varie sostanze.

Non è però che le decomposizioni stesse operate dalla pila, sull' acqua in ispecie, non avessero sui primi tempi servito di motivo ai più dubitativi dell' identità del fluido, che si sviluppa dai contatti con quello della macchina e dell' atmosfera: non è che gl' inutili tentativi per avere il più piccolo indizio di decomposizione dalla semplice corrente delle ordinarie macchine non fossero riguardati come un' importante distintivo fra i due fluidi, distintivo a cui altri minori si coacervavano, come per esempio, la qualità della scossa, la velocità del ristabilimento di tensione, i conduttori umidi ed altre lievissime considerazioni, inette anco nel loro complesso a comparir sole con decoro ad attaccare questo teorema stabilito dall' esperienza, e di cui non si è incominciato a voler dubitare se non quando si è dovuto renunziare ad un' elettricità propria degli organi animali. Ma furono ben tosto strappate queste ultime speranze ai fautori di un' elettricità di natura diversa da quella che fino allora stata era conosciuta, e tolto ogni benchè lieve motivo allo scisma, allorchè imitando l'effetto della pila con ristringere in angustissimo canale il torrente elettrico somministrato dalla macchina, si ottenne una decomposizione che ne' suoi particolari fenomeni rappresentava del tutto quella che è operata da conduttori comunicanti ai due poli;

fatto importantissimo di cui un primo indizio ne avea dato la decomposizione istantanea dell'acqua per la scarica di una batteria, e che riunito agli altri, delle sensazioni ottenute dal Volta coll'elettricità positiva e negativa della macchina, dell'ossigenazione riconosciuta costantemente nelle superficie eccedenti di ordinaria elettricità, estende la teoria di questo ramo di scienza, e la riduce a principj semplici e generali.

Una folla di osservazioni particolarizzate, e d'illustrazioni per la scienza dell'elettricità e per la chimica sono state in seguito promosse dall'esperienze colla pila, ma di queste non è luogo di far parola. Ho voluto soltanto delineare la traccia per la quale il cel. Volta è passato dai primi fatti del Galvani all'invenzione dell'elettromotore, e come Egli ha confermato con nuove esperienze i suoi principj, i quali non essendo che l'espressione dei fatti, difficilmente esser possono rovesciati finchè fatti nuovi non sorgano, o che non si dimostri l'inesattezza degli esperimenti su i quali questi principj si appoggiano. Forse troppo elementare si troverà questo soggetto per una Prefazione, e non degno di stare in fronte alle opere di un sì valente Fisico, altro non essendo che un ristretto di ciò che trovasi in seguito esposto da Lui, e la voce di un tant'Uomo ha dei pregi da non potere in niun modo esser rappresentata dal debol'eco di un suo ammiratore. Ma, lo ripeterò pure una volta, gli esperimenti che precedono l'invenzione della pila son troppo poco cogniti alla turba dei

Fisici, fra i quali pochi dei distinti ne hanno pienamente compreso il senso, ed il presentargli in breve spazio sembrami un espediente utile ai più.

Che se poi riguardiamo sotto un punto di vista generale tutti i lavori del Volta dacchè Egli cominciò a pubblicare i suoi pensieri sulla forza attrattiva dell' elettricità, ci accorgeremo come quella stessa maniera di vedere colla quale fin da principio ravvisò i fenomeni elettrici, lo ha condotto alle più grandi scoperte, e come richiamando ad esatte misure i fenomeni potè valutargli con più precisione, e più facilmente separare le false apparenze dalla verità. Il linguaggio degl' istrumenti misuratori è troppo preciso perchè inteso bene una volta cader si possa in errore, ed i primi fatti veduti dal Galvani non hanno giovato alla scienza se non in quanto che il Volta gli ha sottoposti al giudizio dell' elettrometro, e gli ha ridotti così al loro giusto valore. Però mentre al Galvani siamo debitori del primo impulso verso queste ricerche, la gloria dei fatti e delle teorie nuove tutta deesi al Volta, talchè dir si può del Galvani

Che fece come quei che và di notte
Che porta il lume dietro e se non giova
Ma dopo se fà le Persone dotte;

mentre tutte le scoperte del nostro Fisico, come rileva Ermann, sono dovute ad una serie di ricerche fatte espressamente per ritrovare ciò che ha trovato, e nel modo stesso che lo ha trovato.

V. A.

SOPRA

L'ELETTRICITÀ ANIMALE

LETTERA

AL SIGNOR DOTTOR

GIUSEPPE BARONIO

Milano, 3 Aprile 1792. (1).

Volete dunque sù due piedi un transunto delle sperienze da me fatte in questi otto o dieci giorni, dacchè mi ci sono applicato, sull' *Elettricità animale*, in seguito alle stupende scoperte del Sig. Galvani, delle quali sperienze un piccol saggio vi ho già fatto vedere questa sera medesima sopra alcune rane in casa del Sig. Conte Anguissola; lo volete questo transunto, e che ve lo lasci quì in Milano, prima ch' io parta domani per Como; eccovelo, quale ho potuto stenderlo così in furia e in fretta.

Azione dell' Elettricità artificiale nel moto de' muscoli mediante i nervi.

§. 1. Una assai debole elettricità basta a scuotere, e a far entrare in convulsione una rana viva e intiera, e massime le gambe posteriori; dirigendone la scarica, cioè il corso del fluido elettrico dalla testa ai piedi o viceversa: basta es. gr. la carica di una boccetta di Leyden che arrivi a 4 o 5 gradi dell' Elettrometro d' Henly, ossia Quadrante-elettrometro.

---

(1) Questa lettera è stata estratta dal Tom. II del Giornale Fisico-Medico del Sig. Brugnatelli pag. 122.

§. 2. Troncata la testa alla rana, e conficcato un ago od uncinetto metallico nella spina dorsale, basta allora una carica minore, come di 1 o 2 gradi dello stesso Elettrometro, dirigendo il piccolo torrente elettrico da essa spina ai piedi, o viceversa.

§. 3. Tagliato via tutto il corpo della rana, e ritenute le sole gambe posteriori attaccate alla spina dorsale o a porzione di essa, per i soli nervi crurali diligentemente snudati un elettricità incomparabilmente più debole e non sensibile al quadrante-elettrometro, ma solo ai delicatissimi elettrometri a boccetta di Cavallo, di Bennet, e miei, anzi pure impercettibili anche con questi, produce il solito effetto, e sì delle contrazioni ne' muscoli più gagliarde, convulsioni toniche, e spasmi, che presentano sovente un vero tetano.

§. 4. Finalmente vestito di sottil foglia metallica quel tronco di spina dorsale, e (ciò che giova assai) anche una porzione de' nervi, si risentono i muscoli prodigiosamente per una elettricità affatto impercettibile anche all' elettroscopio di Bennet, il più sensibile di tutti (fatto di due listerelle di foglietta d' oro o d' argento sottilissima): si risentono per una carica della boccetta di Leyden, che arriva appena ad un decimo di grado di tal elettrometro: per accorgersi della quale, e poterla valutare fa mestieri ricorrere al mio *Condensatore* dell' elettricità.

Conseguenze.

§. 5. Tutte queste sperienze mostrano quanto mai sian facili a contrarsi i muscoli della rana (e ottenendosi presso a poco gli stessi effetti, quanto lo siano anche quelli di altri animali) per lo stimolo dell' elettricità; e quanto c' influiscano i nervi.

§. 6. Posta la quale influenza, di cui non può dubitarsi, è facile comprendere come le diverse preparazioni della rana contribuiscano a renderla sempreipiù sensibile alla debolissima elettricità: ciò addiviene in ragione che il fluido elettrico nel suo corso siegue meglio, e più raccolto la via dei nervi.

§. 7. Così dunque nella rana intiera ripartendosi in tante strade esso fluido, quante glie ne offrono le molte e varie parti del corpo, integumenti, vasi, umori ec., che son pure *deferenti*, tanto meno ne và per i nervi ai muscoli delle gambe; onde questi non si convellono, che per un' elettricità di discreta forza (§. 1.).

§. 8. Troncata la testa e infisso l'ago nella spinal midolla, và più diritto il fluido elettrico ai muscoli delle gambe per i detti nervi, e meno se ne disvia: quindi una più debole elettricità produce l'effetto (2).

§. 9. Lasciata la spina dorsale sola, o un tronco di essa coi nervi crurali, ecco che non essendovi che questi, che comunichino ai muscoli delle gambe, basta una menoma elettricità, di cui nulla si disperde per altri conduttori (3.).

§. 10. Finalmente basta una menomissima, applicata l'armatura o veste metallica alla spina e ai nervi medesimi (4.); perciocchè una tal veste presentando un conduttore perfettissimo a molti punti di essa spina e nervi, per se soli non abbastanza deferenti, facilita così il corso a maggior dose di fluido elettrico.

Elettricità animale spontanea e propria de' membri anche recisi finchè vi dura qualche vitalità.

§. 11. Questa elettricità propria e nativa degli animali, non estranea e infusa altronde, si manifesta in special modo nelle rane preparate nella maniera quì sopra descritta (3, 4.) e con simile artificio d'isolare i nervi, ed armarli di foglia metallica, si discopre anche negli altri animali, non solo di sangue freddo, ma eziandio di sangue caldo: si manifesta, dico, tal elettricità animale nativa dal suscitarsi le stesse contrazioni muscolari, convulsioni e spasmodie, che si è veduto venir prodotte dall'elettricità artificiale, senza punto impiegar questa, nè debole nè forte, e con non altro che stabilire una comunicazione di *conduttori* dell'elettricità, e massime metallici, non interrotti da alcun *coibente* tra i muscoli e i nervi.

§. 12. E in vero cotest'*arco conduttore* non possedendo nè più nè meno della sua dose naturale di fluido elettrico, non può dar nulla nè togliere all'animale preparato o non preparato, il quale possegga del pari la dose naturale di fluido uniforme-

mente distribuito, ossia in equilibrio tralle sue parti. Che se dunque un tal arco conduttore (fatto es. gr. di un pezzo di filo metallico piegato a forma di C), applicato quinci al muscolo, e quindi al nervo, dà moto al fluido elettrico, e occasiona le anzidette convulsioni, è pur evidente, che esso fluido trovasi tra quelle parti dell'animale in qualche modo sbilanciato: e che l'arco conduttore o *scaricatore* s'impiega a riparare tale sbilancio, com'è suo proprio ed unico officio. In somma non può detto arco determinare al moto il fluido elettrico, se questo non vi tende digià: non può che prestargli la via.

§. 13. Per la rana preparata di fresco, e finchè sostengonsi in pieno vigore le sue forze vitali, possono entrare nel *circuito*, ossia far parte dell'*arco conduttore*, anche dei *deferenti* non perfettissimi, come un corpo d' acqua, una o più persone, e fino de' corpi riconosciuti per molto *cattivi conduttori*, quali sono una tavola di legno o di marmo non molto umidi, un tappeto, una parte di pavimento, di muro ec.: solamente i veri *coibenti*, cioè vetri, resine ec. impediscono *la scarica* e fan quindi mancare l'effetto delle convulsioni.

§. 14. A misura che languiscono le forze nell'animale, o membri dell'animale recisi, cioè poco dopo la preparazione, cominciano i cattivi conduttori, pietre, muri, legni, panni ec. a trattenere o ritardare talmente il libero corso del fluido elettrico proveniente da una delle due parti dell' animale (che tende cioè a passare dai nervi ai muscoli, o da

questi a quelli), che più non succedono le contrazioni muscolari; per le quali è richiesto un più pronto e rapido passaggio, una violenta incursione (violenta, dico, in proporzione) di esso fluido elettrico.

§. 15. Appresso l'impediscono, o trattengon di troppo, e fanno per conseguenza che non succedano le convulsioni, anche i conduttori passabilmente buoni, come due o più persone, che si dian mano; poi anche una sola persona; poi l'acqua stessa; e infine le prove non riescono più che con archi conduttori intieramente di metallo lucido e mondo, e con armature metalliche ben adatte, e di qualche estensione, sopra il muscolo e sopra il nervo, ma massime sopra di questo.

Risultati generali di queste sperienze concernenti l'Elettricità animale propria.

§. 16. La rana preparata nel modo indicato (3, 4.) si comporta a certi riguardi come una *boccia di Leyden*.

§. 17. La sua carica però, se vuol dirsi tale, è così debole, che non riesce sensibile ai più delicati elettrometri a boccetta, non arrivando a un decimo di grado, e forse neppure a 5 o 6 centesimi di grado del mio a pagliette sottili.

§. 18. Supposta la quale carica, che importa, come è noto, *eccesso* da una parte, e corrispondente *difetto* dall'altra, dico, che dalla parte dei nervi, o nell'interno dei muscoli ove vanno a terminare

stà il *difetto*, e dalla parte più esterna del muscolo medesimo evvi l'*eccesso*.

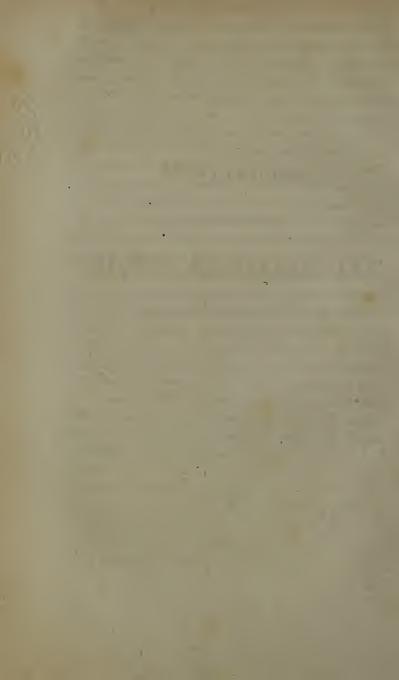
§. 19. La qual cosa, che non potea scoprirsi colla prova di nessun elettrometro il più squisito, per l'estrema debolezza di tal elettricità, son giunto a scoprirla in altra maniera. Pensai, che adoperando cariche debolissime, non sarebbe stato indifferente qual parte della boccetta applicassi al nervo, e quale al muscolo, quella ov'è l'*eccesso*, o quella ov'è il *difetto*; giacchè confrontandosi così due boccie con le parti omologhe, cioè eccesso con eccesso, e difetto con difetto, s'impediscono ambe le scariche; le quali si provocano all'incontro reciprocamente, ove si affaccino le contrarie elettricità. Or dunque, fatta molte volte la prova, ho veduto, che se la parte della boccetta, che tocca il nervo è positiva, o *in più*, basta a produr le convulsioni una carica di 5 o 6 centesimi di grado del mio elettrometro a pagliette sottili, all'incontro se tocca il muscolo e al nervo corrisponde la parte elettrica negativamente, o *in meno*, non bastano 20, 25, 30 centesimi di grado dell'istesso elettrometro. Dunque ho conchiuso, che il nervo presenta la *negativa*, il muscolo la *positiva* elettricità.

§. 20. Checchè ne sia della pretesa parità colla boccia di Leyden, quello che viene direttamente provato dalle mie sperienze si è, che una forza elettrica prodigiosamente piccola vale a produr l'effetto delle convulsioni, s'ella è applicata in maniera, che il fuoco elettrico si tiri dall'esteriore dei muscoli e si faccia entrare pe' nervi; e che

all' incontro tirandolo da questi per portarle all' esteriore de' primi, vi vuole a far nascere le stesse convulsioni una forza elettrica, sebben piccola ancora, quattro volte almeno maggiore di quella prima. Che però anche quando non s' impiega alcuna elettricità artificiale, ma si dà soltanto libero giuoco alla naturale dell' organo, colla semplice applicazione dell' arco conduttore, se questa elettricità sua propria è, come tutto ce lo indica, debolissima, eppur eccita le convulsioni, debbe credersi che la direzione del fluido sia quì pure quella stessa, che col meno di forza produce tali effetti, cioè dal muscolo al nervo, ossia dall' esteriore all' interiore del muscolo per la via del nervo.

§. 21. Conformemente a ciò è naturale il credere, che, se anche nell' animale vivo e intiero vengono i muscoli, segnatamente quelli diretti dalla volontà, eccitati a contrarsi, e compiono i respettivi loro moti e funzioni col ministero del fluido elettrico, come tutto ci porta a crederlo, è, dico, naturale, che esso fluido tenga allora pure la medesima strada e direzione, cioè discenda dai nervi ai muscoli: quantunque produr possa gl' istessi effetti anche scorrendo in senso contrario, quando ciò faccia con forza molto maggiore.

MEMORIA PRIMA

SULL'ELETTRICITÀ ANIMALE

PARTE PRIMA (1).

Scoperta del Sig. Galvani e confronto di essa colle cognizioni, che finora si avevano intorno all' Elettricità animale.

§. 1. La Dissertazione ha pochi mesi pubblicata dal Dottor Galvani dell' Istituto di Bologna, e Professore di quell' Università, celebre per altre scoperte anatomiche e fisiologiche, sull' azione dell' Elettricità nel moto muscolare (*a*), contiene una di quelle grandi e luminose scoperte, che meritano di far epoca negli annali delle scienze fisiche e mediche, non tanto per ciò che ha in se stessa di nuovo, quanto perchè apre un largo campo di ricerche non men interessanti che curiose, e di utilissime applicazioni. L' esistenza di

---

(1) Questa Memoria che noi abbiamo estratta dal T. II del Giornale Fisico-Medico del Sig. Brugnatelli pag. 146 fu dall' Autore recitata nell' Aula dell' Università di Pavia in occasione di una promozione il dì 5 Maggio 1792.

(*a*) Aloysii Galvani *de Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*. Bononiae 1791, in 4.° di pag. 58 con quattro grandi Tavole di figure.

una vera e propria *Elettricità animale*, vale a dire, che eccitasi di per se negli organi viventi senza indurvene punto di straniera, cioè di quella già eccitata con qualsisia artificio in altri corpi; elettricità appartenente a tutti gli animali a sangue freddo e a sangue caldo; che trae origine dall' organizzazione medesima, e dura e si mantiene anche ne' membri recisi, finchè havvi un residuo di forze vitali, e il cui giuoco ed azione si esercita primieramente tra nervi e muscoli; è ciò che viene provato ad evidenza nella terza parte di quest' opera con molte sperienze ben combinate, e accuratamente descritte.

§. 2. Senza quì riferire in dettaglio cotali sperienze, ci basterà di dar un' idea generale sì del modo loro, che dei maravigliosi effetti. Consistono dunque questi nel veder eccitate vive e forti contrazioni ne' muscoli, e gagliardi movimenti in tutto l' arto, egualmente che si ecciterebbero adoperando coll' elettricità artificiale, senza punto impiegar questa nè debole nè forte, col solo applicare un' estremità di un' *arco conduttore* qualunque al muscolo, e l'altra estremità al suo nervo, il quale trovisi o semplicemente staccato da tutto il resto, e messo a nudo, o meglio, rivestito in gran parte di una foglietta metallica: delle quali operazioni avrem campo di parlare ampiamente in progresso.

§. 3. Or l'arco conduttore così semplicemente applicato, è noto a chi abbia anche solo leggier tintura della Scienza elettrica, non poter indurre elettricità alcuna; ma bene aver per proprio ed

unico officio di toglier quella che già esista, di rimettere in equilibrio il fluido elettrico già sbilanciato, trasportandolo da' luoghi in cui prevale per quantità o per tensione a quelli in cui è deficiente: e appunto per questo si chiama *arco conduttore* o *scaricatore*. Dobbiam dunque presumere, che in tale stato di elettricità, ossia di sbilancio del fluido elettrico nelle relative parti trovinsi naturalmente costituiti codesti organi dell' animale, se il semplice arco conduttore dà luogo alle sopraddette contrazioni del muscolo: che dico presumere? Dobbiam avere la cosa per certa, cioè, che non altro che il fluido elettrico produce in tali circostanze codesti moti muscolari, e non altrimenti li produce, che trovandosi nell' indicato modo sbilanciato tra parte e parte dell' animale, e venendo dall' arco conduttore portato all' equilibrio.

§. 4. Del resto quest' arco conduttore può essere di uno, di due, o più pezzi di metallo in tutto o in parte, ed anche di altri corpi, che siano però *deferenti* dell' elettricità, come l' acqua, i corpi animali, i panni, legni, muri, purchè non troppo secchi ec. In somma quello, che vi vuole acciò succeda a dovere la scarica di una *boccia di Leyden*, cioè che nel *circuito*, ossia strada che ha da percorrere il fluido elettrico per portarsi dalla superficie della boccia che ne ridonda all' altra che ne scarseggia, non si frapponga alcun corpo *coibente*; quello stesso si richiede anche quì per l' animale preparato nel modo suddetto, acciò il fluido elettrico, che sostiensi naturalmente sbilanciato, in virtù della

propria organizzazione, tra nervo e muscolo, o tra l'interiore e l'esteriore del muscolo medesimo (com'è più probabile), si traduca dall'uno all'altro termine colla necessaria prontezza.

§. 5. Quindi a misura, che col venir meno della *vis vitae* illanguidisce l'accennata potenza elettrica, sia riguardo l'azione, per cui il fluido elettrico si và sbilanciando nelle opposte parti, tra il nervo cioè e il muscolo, o tra l'interiore e l'esteriore di questo, come s'è detto, sia riguardo la forza onde viene esso fluido sollecitato all'equilibrio, ecco, che cominciano, se non a intercettare assolutamente tal passaggio, a ritardarlo di troppo molti corpi anche non assolutamente coibenti, in ragione cioè che sono men buoni conduttori. Il pavimento della stanza, le muraglie, i tavolini di marmo, o di legno asciutti, i tappeti ec. sono assai poco deferenti; e però anche i primi, che entrando a far parte dell'arco conduttore o circuito, non servono più bene alla scarica, la trattengon o ritardan così, che non han più luogo le convulsioni nell'animale preparato, che accadevano prima, quand'erano cioè nel miglior vigore le di lui forze vitali. Poco dopo, scemate maggiormente coteste forze, non serve più neppure una catena di persone che si dien mano, ed è inutile di tentare l'esperienza in questo modo; indi ne anche una persona sola, che faccia officio di arco conduttore, è a proposito: appresso neppure l'acqua: e da ultimo neppure molti pezzi di metallo concatenati, riuscendo soltanto l'esperienza con

un arco conduttore metallico di un pezzo solo, o di due al più; ai quali se frappongasi checchesia altro anche picciolissimo in grossezza es. gr. una sottil carta, tanto basta per impedire la libera e pronta trasfusione del fluido elettrico, quale è richiesta a far nascere la contrazione de' muscoli.

§. 6. Or anche in ciò si riscontra nel membro od organo dell' animale, cioè nel muscolo unito al suo nervo, una grande analogia colla *bottiglia di Leyden*; giacchè si ritarda nella stessa maniera per l' interposizione degli stessi corpi la scarica sibbene di questa, e quasi s' impedisce del tutto, se sia l' elettricità debolissima, potendosi solo compiere in questo caso detta scarica a dovere col mezzo di un' arco conduttore tutto metallico e continuo, anzi pure di un solo pezzo. In somma corrispondono per tutto quello che ha rapporto alla diversa attitudine de' corpi a trasmettere il fluido elettrico, cioè massima de' metalli, che sono perfetti *deferenti*, men grande degli altri conduttori meno perfetti, e minore a proporzione appunto che lo sono meno, fino alla niuna attitudine dei veri *coibenti*, corrispondono, dico, puntualmente, siccome la prontissima e intiera, la più o men tarda e imperfetta, e infine l' impedita scarica d' una boccetta di Leyden, così pure il facilissimo, il più o men difficile, e il niun successo delle contrazioni muscolari nell' animale preparato, cui si applica l' arco conduttore.

§. 7. In vista di che chi potrà dubitare che siano questi moti de' muscoli cagionati da un simile

giuoco del fluido elettrico, sbilanciato naturalmente tra l'interiore e l'esteriore di essi muscoli, o tra questi e i nervi, come lo è per arte nelle opposte superficie di una boccetta carica, e portato dal detto arco all' equilibrio?

§. 8. Tale è il complesso delle sperienze e la sostanza della scoperta del Sig. Galvani relativamente all' elettricità animale. La quale scoperta è veramente grande e originale: poichè, sebbene fosse noto già da un pezzo, che la *Torpedine* (Raja Torpedo L.) e l'*Anguilla tremante* (Gymnotus electricus. L.) posseggono la facoltà di dare una vera scossa elettrica alla maniera della boccia di Leyden; ad ogni modo essendo propria siffatta virtù prodigiosa soltanto di alcuni pesci singolarissimi (*a*) e d'altra parte sembrando dipendere da un'apparato d'organi particolare, come l'anatomia di tali pesci lo fa vedere, ed essere in balìa dei medesimi il dare o non dare questa scossa, non si te-

(*a*) Oltre la *Torpedine*, che è del genere delle *Raje*, e l'*Anguilla tremante* di Surinam, ch'è propriamente un *Gimnoto*, due altri pesci si annoverano in oggi tra quelli che danno la scossa elettrica. Uno di essi descritto già da Adanson, e da lui chiamato *Trembleur*, poi da Forskal, e più esattamente da Broussonnet (*Mém. de l'Acad. des Sc. a.* 1782 e *Journ. de Phys.* 1785. *Août*) che ne dà anche la figura, appartiene al genere de' *Siluri*, e vive ne' fiumi d'Affrica: l'altro descritto nelle *Transazioni Anglicane* (1786. Vol. 76. p. 11) parimente colla sua figura, appartiene al genere dei *Tetrodon*, e si trova nei mari dell' Indie e dell' America.

neva comunemente, nè vi era ragione di pensare, che un giuoco simile di elettricità succedesse e avesse tanta parte nelle funzioni animali di tutti gli altri viventi, ne' quali nulla scuoprivasi dell' accennata virtù di dare la commozione elettrica. Credeasi dunque, non trovandosene niun altro dotato neppure nel minimo grado di tal potere di scuotere, e questi *animali elettrici* all' incontro essendolo a un sì alto segno, credeasi che fosse tutta particolare e propria di essi soli l' *Elettricità animale*, che una tal prerogativa la possedessero essi esclusivamente.

§. 9. Ciò, dico, credeasi generalmente dai Fisici e Fisiologi, eccetto alcuni, i quali prendendo mal a proposito per elettricità animale quella eccitata dallo stropicciamento dei peli nelle bestie, dei capelli e delle vesti negli uomini, confondeano affatto le cose, con tenere l' artificiale estrinseca per una elettricità naturale intrinseca de' corpi viventi.

§. 10. Questa pretesa elettricità animale, che in fondo non era che la solita artificiale prodotta da stropicciamento, giacchè le stesse vesti e peli strofinati con qualsisia corpo inanimato, sol che mantengansi da un blando calore asciutti, si elettrizzano egualmente che strofinati sulla pelle dell' animale vivo, questa, dico, pretesa elettricità animale si è cercato di sostenerla dai più zelanti partigiani suoi con alcune più curiose sperienze e osservazioni, dell' istesso genere però: coll' elettricità spontanea in certo modo, nè tanto debole, nelle penne de' vivi Pappagalli a certi tempi, e con quella de-

bolissima invero, ma pur sensibile ai delicatissimi elettrometri, di un uomo, il qual facendo prima qualche passo, od agitando comecchè sia braccia e corpo, salga sopra uno sgabello isolante, e tocchi colla mano uno di tai elettrometri sensibilissimi, quali sono quelli di Cavallo e di Bennet.

§. 11. Ma il soffregamento delle penne fra loro, e colla pelle, quando il Pappagallo le arriccia, ed esse trovinsi ben bene asciutte, basta a spiegare il primo fatto, senza che si debba ricorrere ad alcuna elettricità propriamente animale: e pel secondo fatto dell' uomo, si prova appunto, che non è elettricità animale che abbia origine cioè da alcuna funzione o virtù propria degli organi, quella di cui la persona dà segni nell' accennate circostanze, bensì che viene dallo stropicciamento delle vesti (e basta talvolta quello che produce il solo moto della respirazione) dall' osservare, che salendo l' uomo nudo sullo sgabello isolante, e toccando l' elettrometro sensibilissimo, non gli fa allor dare alcun segno, come ha provato il Sig. Saussure.

§. 12. Nè maggior caso dee farsi di altre prove di simil conio, p. e. quella dei nervi seccati al forno, con cui Comus (quel rinomato Giocoliere fisico) avendo costrutto un disco, che montato al modo di una macchina elettrica, e fregato da ben adattati cuscini, eccitava viva elettricità, pretese dimostrare l' identità del fluido nerveo coll' elettrico, giacchè le stesse sperienze possono farsi con legno e con cartone seccati egualmente nel forno, ed

io costrutto già aveva con tali corpi delle Macchine elettriche belle e buone (*a*). Simili sperienze coi nervi, od altre parti animali, possono solo imporne a chi non sa che tutti i corpi, sia animali, sia vegetabili, sia minerali, spogliati a dovere d'umido riescono *coibenti* e *idiolettrici*, cioè eccitabili per istrofinamento, esclusi soltanto i metalli, che sono essenzialmente perfetti *conduttori* ed *anelettrici*.

§. 13. Non deggio però dissimulare altre sperienze più speciose, e che con qualche più d'apparenza han potuto dar indizio, o almeno crear sospetto anche ai più giudiziosi di un'elettricità animale nel vero e proprio senso; ma che a me sono sembrate, siccome alla maggior parte dei Fisici, non avere neppur esse sodo e bastevol fondamento: alcune perchè ancora complicate coi fenomeni dell'elettricità artificiale; altre perchè affatto singolari, isolate, ed uniche, vuò dire di un evento totalmente fortuito, cui essendo riuscito a taluno di ottenere, non si sà come, una volta sola (seppur è che si ottenesse quale ce lo riferiscono, e niente vi sia stato d'illusione o di sorpresa); fur vani in appresso i tentativi, e più non corrispose il successo all'esperienza. Di questo genere è il fenomeno riportato da Nollet, di uno, che preso in grembo un gatto, mentre trattenevasi a strofinargli i peli della schiena portando un dito alla punta del naso ne trasse una scintilla, e ne ricevè tale scossa nel braccio e in

---

(*a*) Vedi il Tom. I. P. I. della pres. Collez. pag. 61.

tutta la persona, come se scaricata avesse sopra di sè una boccia di Leyden. Simile scossa e scintilla, sebbene non così forte, attesta aver ottenuta più volte dai gatti stropicciati, ripetendo le sperienze del Sig. D. Alessandro Tonso, il Ch. Ab. Vassalli (*a*) ma più sorprendente ancora è ciò, che riferisce Cottunio esser avvenuto a lui medesimo nello sparare un sorcio vivo: tenealo impugnato nella sinistra e stringeva fortemente la coda tra il dito mignolo e l'annulare, mentre afferrato un temperino colla destra, e cominciato a tagliar gl' integumenti, era già venuto a scoprire in parte i visceri: come dunque arrivò più addentro colla punta fu improvvisamente colpito da una fortissima commozione nelle braccia e nel petto, di cui si risentì per più di un giorno.

§. 14. Un tal fenomeno sorprendentissimo certo direbbe molto per l'elettricità animale, se non essendo riuscita l'esperienza che una sol volta, non lasciasse molto dubbio intorno all'evento e alla sua causa. Or dunque tralascio tutte queste sperienze o incerte, o equivoche, sulle quali non si può fare gran fondo, cui però mi basta di aver accennate così di volo; e passo a dir qualche cosa di più particolare di una, che a me pure, avendola più volte ripetuta, ha fatto molta specie, e mi è sembrata provar qualche cosa. Questa sperienza vien

---

(*a*) Memorie Fisiche. Torino 1789. Sperienze sopra l'elettricità de' Topi di Casa e de' Gatti domestici.

riferita ma oscuramente (per qualche, cred' io, riguardo di pudore) in certe Tesi latine stampate due anni sono dal già lodato Ab. Vassalli Professore di Filosofia in Tortona (*a*) il quale poi da me richiesto ebbe la bontà di darmene piena contezza; e d' allora è, che la ripetei, or con successo, ed ora (per qual cagione nol sò) senza successo.

§. 15. Consiste questa sperienza nel ricever l' orina, nell' atto che si getta in un bacino metallico isolato; con che se ne hanno segni, nè tanto deboli, anzi talvolta discretamente forti di *elettricità negativa*, a segno cioè di far divergere i pendolini di un' elettrometro di Cavallo, otto, dieci, e più linee. Pensai, è vero, sulle prime, che potesse nascere tal elettricità dallo sparpagliamento delle goccie, in quella maniera che una simile *elettricità negativa* si produce nelle cascate d' acqua giusta la bella scoperta del Fisico Tralles, ed anche nei getti delle fontane artificiali, come ho io verificato (sia che venga eccitata cotal elettricità dallo sfregamento delle gocciole e de' vapori fra loro e coll' aria, come opinava da principio il Sig. Tralles medesimo, sia che nasca dall' evaporazione di coteste gocciole, che formano la minutissima spruzzaglia qual fumo, o nebbia, dalla trasformazione vuò dire, che esse gocciole subiscono in vapor elastico, come è assai più probabile, ed ho spiegato diffusamente nelle

---

(*a*) Theses Philos. ec. Derthonae. 1790.

mie *Lettere sulla Meteorologia Elettrica* (*a*) e l' autore medesimo, abbandonata quella sua prima opinione, ne convenne finalmente meco): pensai, dico, da principio, che venisse prodotta come che sia dallo sparpagliamento delle goccie, e dal fumo e vapori esalanti dal getto d' orina l' elettricità negativa che in lei talora manifestavasi, ossia nel vaso che l' accoglica. Ma un getto si piccolo, qual fa l' orina sortendo dal corpo, e la pochissima spruzzaglia che ne viene, il poco fumo e vapori, difficilmente io m' induceva a credere che bastar potessero a produrre un' elettricità cotanto sensibile. Molto più poi accrebbero i miei dubbj le prove che ho fatte di spingere la stessa orina calda fuori da una grande sciringa, in copia, e con impeto maggiore di quello avvenga allorchè si spande naturalmente: colle quali prove varie volte ripetute, e in più modi, non mi è mai venuto fatto di ottenere il minimo segno d' elettricità. Allora nacque anche in me il sospetto, e quasi m' indussi a credere, che l' elettricità manifestata dall' orina al sortire dal corpo procedesse da vera e propria elettricità animale; pur non ebbi ancora la cosa per decisa: vi volevano altre prove più dimostrative per vincere la mia incredulità in fatto di Elettricità animale.

(*a*) Vedasi il Tom. I. P. II. della pres. Collez. Lett. 7.a pag. 238.

§. 16. Fin quì delle sperienze e osservazioni intraprese dai Fisici, e da molti di loro tenute per tali, che stabilissero una vera Elettricità animale: ciò che per altro concluder non si poteva, essendo la maggior parte di tali sperienze mal intese, ed altre per lo meno equivoche, come abbiam fatto osservare, e niuna dimostrativa o corredata di tutti i caratteri, che si richiedono per escludere ogni dubbio. Un'ampia raccolta di siffatte sperienze e osservazioni, un cotal impasto di buone e cattive, ne offrono varie opere, altronde stimabilissime, di Bertholon, Gardini, Vassalli, ed altri simili opuscoli e memorie.

§. 17. Or dopo aver dato un succinto ragguaglio delle sperienze e fatti reali, sopra di cui han creduto alcuni Fisici poter fondare la pretesa elettricità animale, sperienze, in cui si hanno sibbene segni visibili di elettricità, ma che può essere, ed è probabilmente tutt'altra che vera animale, non sarà fuor di proposito il dir qualche cosa anche delle congetture e ipotesi puramente ideali di alcuni Fisiologi riguardo ad una qualsiasi elettricità animale, concepita cioè in una maniera più o men propria, in un senso determinato e fisso, o vago e indeterminato. Quelli tra i Fisiologi, che concepirono la cosa più vagamente e in astratto, si contentaron di riguardare i supposti *spiriti animali*, o fluido nerveo, destinati, giusta l'opinione più ricevuta, a portare le esterne impressioni al sensorio comune, ed a produrre trascorrendo a'cenni della volontà per la via de'nervi a'muscoli di cia-

scun membro, la contrazione di essi muscoli, e i moti, che ne dipendono, si contentaron di riguardare cotesti spiriti animali inservienti alle sensazioni e ai moti volontarj, per un fluido sottilissimo, mobilissimo, ed attuosissimo di una natura analoga alla luce, all' etere, al fluido elettrico (*a*): e ciò per ispiegare in qualche modo la celerità istantanea, con cui il supposto trascorrimento del fluido operatore dee farsi, giacchè in un' istante si compiono gl' indicati effetti. Riduceansi pertanto a considerare i nervi, in certo modo, quai *condut-tori* dei detti *spiriti animali*, o fluido nerveo, come i metalli lo sono del fluido elettrico, senza punto determinare qual fosse di codesto fluido animale la vera specifica natura, chiamandolo soltanto elettrico, etereo, o simile, quasi per metafora, ossia per denotare alcuna sua somiglianza nell' agire con tali fluidi sottilissimi e attivissimi, fuoco, luce, etere, vapor elettrico. Che se insistevano un poco più sull' analogia con quest' ultimo, tutto alfine riduceasi a supporre, senza concepirlo un tal qual giuoco o funzione di un tal qual fluido, come elettrico: che è poi quanto spiegar niente. Or i Fisiologi che ebbero idee così vaghe e indeterminate, neppure debbono annoverarsi fra i soste-

(*a*) Un fluido lucido stimollo lo stesso Newton *Inves. opt.* V. Haller *Elem. Physiol. Edit. Lausan.* in 4. Tom. IV. lib. X. pag. 378, ove riferisce le somiglianti opinioni di molti Autori.

nitori dell' elettricità animale, sebbene usurpassero sovente il nome di elettricità.

§. 18. Ma ben ve n' ebbero altri, che andaron più innanzi, massimamente coll' indicata analogia de' *conduttori*, e che, spingendo più in là le congetture, voller determinatamente supporre, che gli spiriti animali avesser non che l' indole e natura di un fluido etereo qual si fosse, ma quella propria del fluido elettrico, e giunsero quindi a dichiararli per l' istesso fluido identico. Gli autori e sostenitori di questa opinione, alla testa de' quali dee porsi de Sauvages (*a*) l' appoggiavano principalmente alla conosciuta somma efficacia del fluido elettrico d' irritare i muscoli, la qual arriva al segno, che quando un muscolo dell' animale già morto, oppur di qualche membro reciso, non si risente più ad alcun' altro stimolo meccanico o chimico, allora poco fluido elettrico, che o colpisca con una mediocremente viva scintilla il muscolo medesimo, od anche non ferendolo immediatamente

---

(*a*) V. Haller op. cit. e Collec. Tom. I. p. 1925. Molti autori potrebbonsi quì citare, Du Fay, Le Cat, Le Camus, Kessler, Huber, Besecke, Des Hais, ed altri, oltre i già lodati Gardini, Bertholon ec., molte Dissertazioni e Tesi su questo argomento. Una assai recente, che raccoglie parecchie autorità, e presentando in succinto ciò che si è detto e pensato fin quì, sviluppa alcune nuove idee, è la seguente: *Dissertatio Philosophica inauguralis sistens examen de Electricitate Corporum Organicorum*. Auctor Edmundus Josephus Schmuck Heidelbergae 1791.

sia portato a scorrere per esso con sufficiente rapidità, è valevole a ravvivarlo in certo modo, e metterlo in contrazione: dal che concluder volevano, che trovandosi il fluido elettrico il più efficace tra tutti e sovrano agente per l'irritazione e moto de' muscoli, fosse più che probabile, che di esso appunto si valesse la natura a tal uopo nell'animale economia. E quì si presentava ai nostri Fisiologi, e ne avvalorava le congetture, il riflettere come infatti la Natura se ne serve ne' sopramentovati *animali elettrici*, cioè la *Torpedine*, *l'Anguilla tremante* ec. In questi fa ella sfoggio, in certa maniera, ed è molto prodiga, armandoli di una potenza elettrica, che ridonda e scoppia anche al di fuori a lor talento, quando cioè piace a tali animali di produrre la scossa in chi s'avviene a stuzzicarli, o a toccarli sia immediatamente sia per mezzo di buoni conduttori dell'elettricità; in tutti gli altri animali si contiene più economa la Natura, e si ristringe agli usi interni, cioè alle funzioni animali e vitali: dir si potrebbe, che a que' primi ha concesse armi e batterie, onde combattere e atterrar nemici, e conquistar prede (come infatti se ne servono di tal poderosa elettricità non solo a difesa, ma a procacciarsi un pasto de' pesci così tramortiti dal colpo elettrico); e che agli altri animali tutti non ha dato di elettricità, ossia di forza e abilità di smovere e vibrare l'innato fluido elettrico, se non quanto è opportuno, e basta al governo de' moti e delle funzioni proprie; insomma all'economia animale interna. Così dunque presumevano, che fosse univer-

sale a tutti gli animali una naturale innata elettricità, cioè il potere di sbilanciare al di dentro, se non al di fuori, il fluido elettrico proprio degli organi, e vibrarlo da parte a parte degli organi medesimi, non già ristretta tal facoltà ad alcuni pesci singolari, ed anche in questi limitata all' unico oggetto di scuotere e tramortire chi s' imbatte in loro.

§. 19. Tali erano, o dovevan essere (giacchè non ci pare, che neppure su ciò si spiegassero abbastanza) le congetture e presunzioni di alcuni Fisiologi; i quali si figuravano, se non un' elettricità propriamente detta, caratterizzata cioè coi noti segni di attrazioni, scintille ec., un giuoco, qual esso si fosse, del fluido elettrico inserviente alle funzioni animali, in specie a quelle che hanno immediato rapporto coll' influsso de' nervi su' muscoli e sulle sensazioni, si figuravan, dico, un qualche giuoco ed azione di questo fluido, comecchè nessun indizio esteriore apparisse di vera elettricità, nessuno dei consueti segni, a cui questa si riconosce (*a*), ec-

---

(*a*) Così è: con nessun segno esteriore manifestavasi cotal elettricità animale; giacchè i segni ottenuti dai Fisici in tutte quelle sperienze, di cui sopra si è parlato, sono ben segni di vera elettricità, ma non provano alcuna *elettricità* propriamente *animale*, nel senso che si vorrebbe, come si è spiegato: provano tutte anzichè un' elettricità *intrinseca* proveniente da azione propria degli organi e dell' economia animale, un elettricità *estrinseca* suscitata da sfregamento ec., *artificiale* insomma. Dicendo *tutte* ho forse detto troppo: una giacchè o due

cetto, che in quei pesci singolari più volte nominati, che danno la scossa. Però è che da più altri Fisiologi non si facea molto caso di siffatte mere ipotesi e teorie vaghe, ed anzi si combattevano, obiettando loro, oltre questa mancanza di segni elettrici veri e riconoscibili, e di prove dirette, la poca o niuna conformità apparente colle leggi conosciute dell' elettricità (*a*).

§. 20. Ma anche quando fossero convenuti tutti e Fisici e Fisiologi, nell' ammettere il vero fluido elettrico per primario operatore de' moti muscolari, per quel fluido, onde esercitasi naturalmente nell' economia animale l' azione de' nervi sopra dei muscoli, il che è ben lungi che fosse, attribuendosi dalla maggior parte de' Fisiologi tal azione a tutt' altro, e confessandosi dai più sinceri di non conoscerla, di non intender bene nè da qual agente immediato, nè come si compia: quand' anche, dissi, fossero convenuti tutti in riconoscere per funzionario il fluido elettrico propriamente detto, quale e quanta distanza da una simile ipotesi, sempre incerta e vaga, che più di così non poteva essere, alla scoperta che prova con esperienze dirette, e pone nel numero delle verità dimostrate l' elettricità ani-

---

di tali sperienze, segnatamente quella dell' orina elettrica, sembran pure indicare qualche cosa di vera elettricità animale, sebben non provi neppur questa decisamente, come ho fatto già osservare (§. 15).

(*a*) Haller. Op. cit.

male? Qual differenza dall' esser questa soltanto sospettata o supposta, al venir chiaramente, e incontrastabilmente mostrata? Ecco quello, che era riservato al Sig. Galvani; onde resta a lui tutto il merito e l' originalità di questa grande e stupenda scoperta.

§. 21. E invero è ella men originale e ammirabile la scoperta di Franklin dell' identità del fluido elettrico e del fulmineo, perchè Nollet e altri prima l' avean sospettata, e già avanzato aveano, che lor piacerebbe di spiegare e fulmine e lampi ed altre meteore coll' elettricità? Travidero essi per semplice congettura l' elettricità delle nuvole temporalesche; ma Franklin la scoperse, e la rese manifesta e palpabile: formaron quelli al più delle ipotesi, questi verificò la cosa, e mise una tal elettricità atmosferica nel novero delle verità fisiche sperimentalmente dimostrate. Così dunque anche il nostro Galvani avendo verificata con esperienze non equivoche l' elettricità animale, supposta prima da alcuni, ma da nessuno provata (fuori della Torpedine, dell' Anguilla Tremante ec.) ha il merito in questo di una scoperta originale, non altrimenti che lo ha l' Americano Filosofo riguardo all' elettricità delle nuvole.

§. 22. A dir vero, ponendo al confronto le due scoperte, vi è un riflesso, che potrebbe far risaltare meno questa del nostro Italiano: ed è, che si aveva già qualche cosa di accertato intorno all' elettricità animale: avevam l' esempio della Torpedine e degli altri pesci elettrici; laddove per l' elettricità

naturale atmosferica nulla v' era di dimostrato avanti la scoperta di Franklin, non v' eran che congetture. Ad esser dunque rigoroso col Sig. Galvani, potrebbe rassomigliarsi la sua scoperta a quella fatta da Monnier (*a*) dell' elettricità delle nuvole, anche non temporalesche, delle pioggie e nevi, delle nebbie, e fino di Ciel sereno, quando si conosceva soltanto l' elettricità delle nuvole fulminanti e de' temporali; perciocchè siccome in seguito ad una tale elettricità gagliarda e strepitante delle nubi temporalesche si venne a scoprire l' altra blanda e pacata, che regna in qualunque altra costituzione dell' atmosfera; così parimente dietro l' elettricità valida e scuotente della Torpedine, dell'Anguilla tremante ec. che era la sola elettricità animale realmente conosciuta, si passò all' incomparabilmente più tenue e fiacca di tutti gli altri animali.

§. 23. A rilevare però il merito del nostro Autore, è da riflettere, che quanto facile era il passo dall' elettricità delle nubi temporalesche a quella di ogni altro stato dell' atmosfera, essendo tal elettricità eziandio a non molta distanza da terra, tutto che debole, ancor sensibile ai delicati elettrometri, per il che tardò poco a discoprirsi; altrettanto più difficile era a farsi, e fu quindi per tanto tempo arrestato il passo dall' Elettricità dei già detti animali, che chiamar potrebbonsi fulmi-

---

(*a*) *Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris*. A. 1752. pag. 240. 241.

nei, a quella degli altri tutti, essendo in questi l'elettricità debole a segno, che nè scossa alcuna potiam risentirne, nè renderla sensibile al più delicato Elettrometro; per il che è mestieri ricorrere ad altri artifizj e compensi onde accertarla: per nulla dire delle preparazioni anatomiche richieste, acciò cotale tenuissima elettricità si manifesti in certi organi dell'animale.

§. 24. Un altro riflesso ancor mi piace di fare a proposito dell'indicato paragone tra le scoperte riguardanti l'elettricità atmosferica, e le altre che concernono l'elettricità animale. Delle prime, come la più grandiosa, così quella che ha dato luogo ad applicazioni più utili nella pratica, si è la scoperta dell'elettricità potente e minacciosa delle nubi temporalesche, giacchè i mezzi ancora ci ha insegnati di preservare gli edificj, le navi ec. dai danni del fulmine: laddove la consecutiva scoperta dell'elettricità più o men blanda sempre dominante fuori dei temporali, e fino a Ciel sereno, ci ha ben fornite delle belle cognizioni teoriche, che tendono a rischiarare molti fenomeni della Meteorologia; ma poco o niente di vantaggio reale ha recato fino ad ora ai bisogni e comodi della vita, nè per adesso sembra prometterne. Tutt'all'opposto delle scoperte concernenti l'elettricità animale, possiam dir che non già la prima e più antica, che dimostrò essere effetto di vero Elettricismo la valida commozione, che fan sentire a chi le tocca la Torpedine e l'Anguilla tremante; ma bene l'altra recentissi-

ma, che prova appartenere a tutti gli animali un grado di elettricità, debolissima in se, e quindi non valevole a dare a noi la commozione, ma atta soltanto a produrre le contrazioni e moti muscolari dell' animale, quest' ultima scoperta, sì, del D. Galvani và ad esser la più feconda di utilissime applicazioni alla Medicina sì pratica, che teorica.

PARTE SECONDA

Nuove sperienze intraprese quì da noi sull' elettricità animale.

§. 25. Una scoperta di questa fatta non poteva che eccitare grande entusiasmo dappertutto, ove ne pervenne la notizia, e massime tra noi, essendo di un nostro Italiano. Ed ecco che molti si fecero a gara a ripetere le sperienze. Io fui il primo quì in Pavia eccitato da varj miei Colleghi, particolarmente da Carminati, che cortesemente prestommi la Dissertazione di Galvani, e da Rezia, che mi favorì dell' opera ed ajuto suo nelle preparazioni; e il primo fui, anche a Milano non molti giorni dopo, cioè verso il fine di Quaresima. Debbo però confessare, che incredulo, e con non molta speranza di buon successo mi ridussi a fare le prime prove, tanto sorprendenti pareanmi i descritti fenomeni, e, se non contrarj, superiori troppo a tutto quello che dell' elettricità ci era noto, tal che mi aveano del prodigioso. Della quale incredulità mia e quasi ostinazione, non che mi vergogni, domando perdono all' Autore della scoperta, cui mi fo altrettanto maggior premura e gloria di esaltare, ora che ho veduto e toccato con mano, quanto fui difficile a credere prima di toccare e di vedere. Infine eccomi conver-

tito, dacchè cominciai ad essere testimonio oculare e operatore io stesso dei miracoli, e passato forse dall' incredulità al fanatismo.

§. 26. Egli è poco più di un mese, che ho messo mano a codeste sperienze, e già ne ho fatte molte, estendendole e variandole, non senza averne raccolto qualche frutto di nuove cognizioni. Mi sono però fin quì ristretto ad esperimentare quasi unicamente sulle rane, riuscendo sopra di esse, in grazia che dura più lungo tempo in tali animaletti a sangue freddo, e sì ancora ne' membri recisi, la facoltà irritabile de' muscoli, cioè per ore intere, riuscendo, dico, più facili e più sicure le prove, e quindi più conducenti ai fini ch' io proponeami in queste prime ricerche. Intanto desideroso io, e gli altri miei colleghi, che si facessero delle prove pur anche sopra animali a sangue caldo, s' intrapresero queste da alcuni de' nostri bravi studenti; e il successo confermò pienamente, per questa parte ancora, la scoperta mirabile del Sig. Galvani. Quest' ultime sperienze non sono state, ch' io sappia, per anco estese e variate molto; ma tanto solo, quanto parve bastante a verificare e comprovare ciò appunto, che gli stessi fenomeni dell' elettricità animale propria e organica han luogo, come nelle rane, testuggini, lucertole, pesci ed altri animali a sangue freddo, così pure negli animali a sangue caldo, Cani, Gatti, Agnelli, Porci ed altri, sì quadrupedi, che Uccelli. Non renderò dunque conto di tali sperienze altrui, nè delle poche mie, che ho fatto fino ad ora sopra un solo Agnello, e sopra un Piccione, ajutato la pri-

ma volta dall' eccellente Chirurgo e Anatomico di Milano D.r Palletta, coll' assistenza pure del D.r Baronio e d' altri, la seconda volta favorito in casa mia dal D.r Valli Toscano (*a*), assieme a due o tre amici spettatori; ma di quelle solamente darò un succinto ragguaglio, che ho instituite con maggiore studio ed attenzione sulle rane, e che ho, come già dissi, variate ed estese a ricerche più particolari. Anzi pure tralasciando quì la descrizione e il racconto minuto di codeste mie sperienze, che troppo lungo sarebbe, mi ristringerò a presentare in ristretto i principali risultati, massimamente quelli, che offrono, al di più di quanto trovasi nell' Opera del Sig. Galvani, qualche cosa o di nuovo, o di più preciso.

§. 27. Verificate le capitali sperienze sull' elettricità vera animale, nativa e propria degli organi, in guisa di non poter più di essa dubitare, mi sono rivolto a ricercarne la quantità, qualità, e modo.

(*a*) Questo valente giovane, che già laureato in Medicina portossi a proseguire i suoi studj in questa nostra Università, ha pubblicato recentemente, cioè in data de' 5 Aprile, una lettera sul soggetto di cui si tratta; nella quale dà conto di varie sue sperienze, alcune nuove, o almeno in varj modi diversificate, e spiega alcune viste più mediche che fisiche, com' egli medesimo si esprime, le quali potrà forse il tempo e l' esperienza maturare, ma che ci sembrano in gran parte troppo leggermente azzardate, e molto ancora indigeste, siccome le sperienze medesime, fatte in furia e in fretta, non abbastanza accertate.

E prima riguardo alla quantità o forza di elettricità, una tal ricerca mi parve quella, che dovesse andar innanzi alle altre. E che mai può farsi di buono, se le cose non si riducono a gradi e misure, in fisica particolarmente. Come si valuteranno le cause, se non si determina la qualità non solo, ma la quantità, e l'intensione degli effetti? Ora per giudicare della quantità e forza dell'elettricità propria ed innata dell'animale, cioè di quella che opera naturalmente negli organi suoi quando se ne osservano le contrazioni e moti muscolari eccitati con non altro che collo stabilire un arco conduttore massimamente metallico tra i muscoli e i corrispondenti nervi, per giudicar, dico, della quantità e forza dell' elettricità propria e nativa degli organi animali, credei non poter meglio fare, che cercare di ridur prima a qualche misura gli effetti dell' elettricità artificiale sopra gli organi medesimi, e determinare il minimo di codesta elettricità richiesto a produrre in tal animaletto, vivo o morto, intiero o tronco, e in diverse maniere preparato, siccome pure ne' suoi membri recisi, delle contrazioni muscolari, de' moti e subsulti eguali a quelli, che si osservano prodotti nel medesimo dall' elettricità animale sua propria, e in certo modo spontanea.

§. 28. Ho dunque trovato, che basta in ogni caso un' elettricità molto debole a far nascere, non che dei piccoli moti e convulsioni nella rana, ma de' sbattimenti gagliardi di tutti i membri, e massime delle gambe, e una poi, oltre ogni credere

debolissima, per le rane preparate al modo appunto del Sig. Galvani, che è di lasciar attaccate per i soli nervi crurali diligentemente snudati le gambe alla spina dorsale, o a parte di essa soltanto, troncato tutto il resto del corpo, e di conficcare uno spillo, od altro uncinetto metallico nel tubo stesso vertebrale, sia traforando l' osso da banda a banda, sia introducendo lo spillo tutt' al lungo della midolla.

§. 29. Con questa preparazione un' elettricità, che non giunge a dare la minima scintilla, e che non è sensibile neppur d' un grado all' elettrometro delicatissimo di Bennet cagiona fortissime convulsioni e sbalzi di dette gambe.

§. 30. Per il che ecco, che la rana così preparata ci presenta un' *Elettrometro animale*, che tale si può dire, più sensibile senza paragone d' ogni altro sensibilissimo elettrometro: giacchè non lascia di dar segni, e segni cotanto visibili, per una carica della boccia di Leyden, che non giunge a muovere neppure le fogliette d' oro più sottili. Nè la rana solamente è atta a ciò, vuo' dire a fare da elettrometro; ma lo sono egualmente, o quasi, altri animaletti convenientemente preparati, come lucertole, salamandre, topi, conforme ho provato. Che se riesce meglio di tutti la rana, si è in grazia di essere essa di vita più tenace, e più facile a prepararsi nel modo indicato.

§. 31. Cotesta elettricità inconcepibilmente piccola, talchè non giunge a 10, e talora neppure a 5 100^{mi} di grado del mio elettrometro a pagliet-

te (*a*), basta a produrre i succennati fenomeni delle convulsioni nelle gambe della rana, quando però il corso del fluido elettrico venga diretto dai nervi ai muscoli, cioè entri per quelli, e portisi all'interna sostanza de' muscoli medesimi: che se dirigasi in senso contrario, sicchè sortendo dai nervi si porti all' esterna faccia del muscolo, non accadono quei moti se non per una forza elettrica almeno quadrupla, e talvolta sestupla ed ottupla, cioè di 20, 30, e più 100^{mi} di grado dell' istesso elettrometro.

§. 32. Si domanderà forse, come mai io giunga a misurare e valutare queste impercettibili elettricità, ossia cariche minime della boccia di Leyden, al di sotto cioè di un grado, anzi pure di $\frac{1}{4}$ e di $\frac{1}{10}$ di grado. Rispondo dunque, che eseguisco ciò facilmente coll' ajuto del mio *condensatore* dell' elettricità: istromento, che ho in una Memoria particolare ampiamente descritto (*b*), e che mi ha servito in tante altre occasioni a discoprire e misurare elettricità in niun' altra maniera sensibili.

§. 33. Or facendomi a riflettere sulla maggior facilità di convellersi i muscoli, cioè per molto minor forza elettrica, se presentisi la *positiva elettricità* ai nervi, che penetrano nell' interno di quelli, e la *negativa* all' esterna faccia di essi muscoli, che se si proceda nel senso opposto, debbo dire, che ciò

(*a*) V. Tomo I. P. II. della pres. Collez. Lettera I. pag. 5.

(*b*) V. Tom. I. P. I. pag. 219.

mi ha mostrato, come l'elettricità propria dell'organo, per cui si convelle, mercè la semplice applicazione dell'arco conduttore, se debbe, come pare, considerarsi quale carica debolissima di una specie di boccetta di Leyden, ella è *negativa* dalla parte del nervo, ossia nell'interiore del muscolo, ov' egli s'impianta, e *positiva* nella faccia esterna; sicchè da questa a quella trascorre il fluido elettrico, ossia dal di fuori al di dentro, in tale spontanea o naturale scarica, non già dal nervo al muscolo, ossia dal di dentro di questo al di fuori, come ha opinato il Sig. Galvani.

§. 34. Ho detto, che l'elettricità naturale, indicando uno sbilancio di fluido tra il nervo e il muscolo corrispondente, o tra l'interiore e l'esteriore di questo, ci rappresenta come una specie di boccetta di Leyden debolmente carica, e che *pare* almeno che debba considerarsi come tale. Come tale infatti l'ha considerata il Sig. Galvani, e con esso lui noi pure sul principio. Ma ora molte nuove sperienze, parte delle quali accennerò prima di finire, ci muovono a riguardar la cosa or sotto uno, or sotto un' altro aspetto, tutti scostantisi più o meno dalla parità della boccia di Leyden: di alcune delle quali nuove idee darò pure tra poco un cenno, riservandomi a svilupparle, e a riformarle fors' anche in altro scritto, secondo che ulteriori sperienze, e nuovi risultati me ne mostreranno il bisogno.

§. 35. Checchè ne sia, che si sostenga o nò la parità della boccia di Leyden, verificato il fatto, come lo è per moltissime prove da me instituite e

quest' oggetto, e variate in più maniere, cioè che molto minor forza elettrica sia richiesta ad eccitare le convulsioni e moti ne' muscoli, ove inducasi la corrente del fluido per la via de' nervi all' interno de' muscoli medesimi, che ove si tiri dai nervi per portarlo all' esteriore di essi muscoli, sussisterà sempre una differenza marcata nello stato elettrico del nervo relativamente al muscolo, o dell' interno di questo relativamente alla sua esterior faccia; il quale stato o disposizione, qual essa sia, fa che il nervo, o l' interiore del muscolo appetisca in certo modo, ed inviti il fluido elettrico ad entrarvi, mentre l' esteriore del muscolo medesimo tende a cacciarne fuora: con ciò solamente s' intende come cospirando ambedue le parti a provocare la scarica di un conduttore o di una boccetta, quando s' applica l' elettricità *positiva* ai nervi, e la *negativa* ai muscoli, basti di una carica molto minore, che nel senso opposto, essendovi in quest' ultimo caso, anzichè invito, doppia opposizione dalla parte del nervo, che vuol piuttosto ricevere che dare, e da quella dell' esteriore del muscolo, che vuol piuttosto dare che ricevere.

§. 36. Or se col ministero del fluido elettrico operansi, anche nell' animale vivo ed intiero, le contrazioni e moti volontarj de' muscoli, come tutto ne porta a credere, e se, come dee pure presumersi, operansi questi nel modo più facile, si farà ciò collo spingere giù dal cerebro pe' nervi il detto fluido verso i muscoli, bastando allora una minima forza, anzichè col tirarlo in sù, sebbene possano anche in

questo modo effettuarsi i medesimi moti, sol che s' impieghi maggiore forza, cioè determinarsi una corrente più rapida o più copiosa di fluido elettrico. Ma di questo non più per ora.

§. 37. Passiamo in vece ad altre osservazioni non meno interessanti, che curiose. Il gran numero di prove che ho fatte sopra le rane, principalmente mutilate e tagliate mentre vive o dopo morte, e sì dopo ore e giorni, mi hanno porta l' occasione di molte osservazioni e riflessi sopra la *vitalità*, lasciatemi dir così, *elettrica* di questi e degli altri animali. Il tempo che stringe mi obbliga a tralasciare per adesso molte particolarità, e a ridurre la somma a ciò che credo di potere stabilire, che per quattro gradi, ossia stati ben distinti si passi dalla morte apparente alla morte perfetta: i quali gradi di morte, o a meglio dire stadj, hanno ciascuno una grande estensione.

§. 38. Così è: le mie osservazioni mi hanno insegnato a distinguere quattro gradi o stadj di morte, ciascuno ben contrasegnato e molto esteso. Il primo de' quali è l' *asfissia* o morte apparente, l' ultimo, ossia il quarto, è quella che chiamo *morte plenaria*, e confina colla putrefazione. Gli altri due stadj, cioè il secondo e il terzo presentano per lungo tratto diversi gradi di superstite vitalità, e sì il secondo tale vitalità, che eccitansi i moti muscolari prima vivacissimi, poi mano mano degradati in forza col solo apporre le convenienti armature metalliche, e farle comunicare, e però in vigore della propria elettricità animale ancor sussistente ne' membri anche re-

cisi: spenta la quale elettricità propria e innata, o resa insensibile, entriamo allora nel terzo grado di morte, in cui si risentono pur anco i muscoli, e giuocano all' ordinario, eccitandoli però coll' elettricità artificiale, di cui basta ancora sul principio un grado debolissimo; indi vuol essere più e più forte, fino a che non vale a commoverli neppure la scarica fulminante di una boccia di Leyden; e allora è che son morti in quarto grado.

§. 39. Mi diffonderei troppo, se volessi più particolarmente spiegare, e in che si distinguano propriamente uno dall' altro questi stati, e come sia ciascuno riconoscibile, e quanto abbiavi di speranza di richiamare un animale dal secondo ed anche dal terzo in vita coi soccorsi conosciuti, o concepir se ne possa con nuovi mezzi da tentarsi; onde mi riservo ad esporre e sviluppare su tutte queste cose i miei pensamenti nelle susseguenti Memorie, che pubblicherò. Dirò quì solo, che siffatti progressi nella carriera della morte sono più lenti di quel che si pensa, e che ogni stadio distinto e marcato avendo, come accennai, una assai grande estensione di gradi, si protrae d' ordinario lungo tempo, non però in ogni caso egualmente: nel che molte causeinfluir possono.

§. 40. E in primo luogo gran differenza porta la diversa natura degli animali, massimamente rapporto all' essere di sangue caldo o di sangue freddo; giacchè negli animali di questa classe suol essere assai più tenace la vita. Appresso anche nell' istessa classe e genere di animali vi hanno

delle specie dotate di maggior vitalità, che altre: e nella stessa specie poi variano ancora gli individui secondo l'età, la costituzione, le forze.

§. 41. Ma quello che influisce più di tutto alla maggiore o minor durazione di ciascun stadio di vitalità, si è il genere di morte, che viene a soffrire l'animale, cioè la causa che a perir lo conduce, e soprattutto se ve lo conduca rapidamente, o poco a poco.

§. 42. Or intorno a ciò ho fatte già molte sperienze, e molte più mi propongo di farne: ho esaminate cioè, relativamente al vigore e durevolezza di ciascun stadio della superstite vitalità, molte rane, che ho fatte morire quali di puro stento o d'inedia, quali in un bagno d'acqua più o men riscaldata, alcune sotto a gravi ferite, mutilazioni, e strazi d'ogni sorta, altre con replicati colpi elettrici, ed altre infine con una scarica fulminante sola. Di tutte queste osservazioni ho preso nota in un esatto Giornale; e lo esporrò al Pubblico quando avrò estese le sperienze, come mi propongo, ad altri generi di morte in questi ed altri animali, cimentandoli singolarmente colle arie, e vapori mofetici (*a*), e con diversi veleni.

(*a*) Riguardo alle Mofette ho cominciato soltanto a far prove sopra tre rane soffocate col vapore di solfo, quale ho trovato potentissimo a togliere colla vita ogni residuo di vitalità, in guisa che all'asfissia tien dietro tosto la vera morte; quindi in pochi minuti cessano i segni dell'elettricità animale propria, e in pochi altri succede insensibilità anche all'elettricità artificiale più forte.

§. 43. Terminerò intanto questo piccolo saggio, che ho voluto oggi presentarvi dei principali risultati delle sperienze da me fatte fin quì intorno all' elettricità animale, coll' annunziare, che anche senza snudare i nervi, senza taglio o ferita di sorta, posso, quando voglio, eccitare nell' animale non che vivo, ma sano ed illeso, senza alcuna azione di elettricità straniera, mettendo soltanto in giuoco la sua propria e nativa elettricità, mercè la semplice applicazione di convenienti armature, posso, dico, eccitare a mia posta nell' animale intiero e intatto quelle stesse convulsioni, spasmodie, subsulti, che si ottengono collo snudare ed isolare i nervi alla maniera del Sig. Galvani, o con altre consimili preparazioni: anzi di più, giacchè si estendono col mio metodo tali contrazioni e moti a tutte le parti dell' animale, a norma della posizione delle armature ec.

§. 44. Per dar quì tosto un' idea di queste sperienze, legata una rana, ovver fissata con due o tre grossi spilli ad una assicella o tavoletta qualunque, oppure senza offenderla fattala tenere per le gambe da un compagno, vesto una parte qualsiasi del suo corpo (il meglio è la schiena o i lombi) con un pezzo di laminetta di piombo o di stagno (ottime sono quelle fogliette nei libretti, di cui si servono gl' indoratori per inargentare a falso), e applico ad un' altra parte, alle gambe es. gr. o coscie, sia sotto, sia sopra, una chiave, una moneta d' argento, il manico di un cucchiajo, od una lastra qualunque, di tutt' altro metallo però che di stagno o piombo:

finalmente fo comunicare fra di loro queste due armature, o immediatamente avanzo quella che è mobile fino a toccare il lembo dell' altra aderente, oppure mediante un terzo metallo, es. gr. un fil d' ottone, il qual faccia officio d' arco conduttore: ed ecco la mia rana convulsa pressochè in tutte le sue membra, in quali più in quali meno però, vibrare singolarmente i muscoli delle gambe, calcitrare, saltare.

§. 45. Così poi, secondo che tali armature vengono applicate ad altre parti dell' animale, sono o i muscoli del ventre, o le zampe, o il collo, o la testa, ch' entrano in convulsione, e scuotonsi dipiù, e la spina dorsale anch' essa avvien che s' incurvi, come presa dal più forte tetano.

§. 46. Queste nuove sperienze sugli animali intieri e intatti, forse più sorprendenti delle altre fatte fin quì con tagliarne i membri, isolar nervi ec., e al certo più istruttive, almeno per alcuni riguardi, giacchè ci portano a penetrare in qualche modo il naturale andamento e tenore dell' elettricità animale nel corpo vivente intiero e sano, mi suggerirono in conseguenza appunto delle idee, ch' io rivolgeva nella mia testa intorno ad un lento moto, sia di circolazione, sia di semplice oscillazione od altro (che non voglio ancora arrischiarmi d' indovinarlo) del fluido elettrico tra muscoli e nervi, e tralle altre parti ancora del corpo fluide e solide, in ragione che tutte sono più o men buoni conduttori, nessuna però conduttore perfetto, nè comparabile in ciò ai metalli.

§. 47. Supponendo dunque il fluido elettrico in un continuo moto, qual esso sia, per tutte le parti dell' animale vivente, e de' suoi organi per anco recisi, finchè vi dura qualche vitalità: supponendo che vada per un' effetto dell' organizzazione e delle forze della vita incessantemente sbilanciandosi o nella *quantità*, o nella *tensione*, in alcune parti relativamente ad altre es. gr. tra nervi e muscoli, o tra l' interiore e l' esteriore di questi, e che tendendo pure incessantemente in virtù della sua propria elasticità a ricomporsi in equilibrio, scorra per tante altre parti deferenti, membrane, vasi, umori, come può e quanto può, cioè quanto la non perfetta deferenza di tali parti gliel permette; io concepiva mantenersi la quiete nell' animale, vuo' dire il riposo de' muscoli non destinati ad agir sempre, fintantochè non si turbi il naturale armonico tenore nell' anzidetto moto del fluido elettrico, non se ne inverta cioè il corso, non s' acceleri straordinariamente, o concorra troppa copia di esso fluido in questa o quella parte del suo corpo: il che se avvenga, que' tali muscoli si convelleranno, ove faccia il nostro fluido elettrico tale irruzione, od impeto straordinario.

§. 48. Or due generi di cause, io dicea, potran portare questo turbamento e sconcerto nell' armonica circolazione, ondeggiamento o moto, qual esso sia, del fluido elettrico entro agli organi dell' animale: cioè cause interne, e cause esterne.

§. 49. Le interne riduconsi 1.° all' azione della volontà, che accresca, o diminuisca, o arresti, o

inverta il corso del fluido verso quelle tali determinate parti, ossia muscoli che intende eccitare al moto.

2.° A delle cause accidentali morbose, che alterino in più o in meno la facoltà conduttrice in queste od in quelle parti, rendendo es. gr. certune più o meno penetrate di umori, di quello, che debbono essere, e gli umori stessi più o meno densi, più o meno salini, più o meno oleosi ec. per cui cambiano molto di conducibilità, onde il fluido elettrico sia determinato a scorrere più dell' ordinario abbondante e rapido per alcuni di tai conduttori, in ragione che da altri viene impedito ec.

§. 50. Le cause esterne sono parimenti due:

1.° L' azione dell' elettricità artificiale, che scaricandosi determini una corrente di fluido elettrico fuori del naturale in tale o tal altra parte dell' animale. E a ciò si riferiscono tutte le sperienze di eccitare le convulsioni colle scintille o scariche elettriche artificiali.

2.° L' applicazione di due armature metalliche di qualche estensione e separate, che poi si facciano insieme comunicare, ch' è quello di cui ora trattiamo.

§. 51. Proseguendo dunque a dire delle mie idee, io concepiva facilmente, che una tal applicazione delle armature e dell' arco, dovea accelerare non poco, e determinare molto maggiore accorrimento, e trasporto di fluido elettrico dall' una all' altra parte del corpo vivente così armato; perocchè se colla tendenza che ha detto fluido di passare o trasferirsi

dall' una, all' altra parte, il suo moto nello stato naturale è nulladimeno lento, e tale che non giugne a commovere i muscoli inservienti a' moti volontarj, gli è perchè e questa tendenza nata da sbilancio non è per se stessa grande, ma anzi piccola molto, e altronde dee il fluido tragittare quelli non abbastanza perfetti conduttori interposti, quali sono le sostanze animali medesime, muscoli, nervi, membrane, umori, nessuna delle quali è comparabile, come già si è detto, ai conduttori metallici. Questi pertanto vi vogliono, cioè le convenienti armature, a dar libero e rapido sfogo ad una sufficiente copia di fluido elettrico, tantochè si convellano i muscoli, cui questa corrente invade e stimola. Così è: tutto l' artifizio consiste nel dar luogo ad un più copioso e istantaneo trascorrimento del fluido elettrico, che tende già per se stesso a passare dall' una all' altra parte dell' animale, e vi passa naturalmente anche senza tal ajuto, ma adagio e scompartitamente, per tutte le interne parti deferenti: il quale istantaneo trasporto s' effettua appunto mediante i tanto migliori conduttori metallici applicati esteriormente, e distesi sopra esse parti per una piuttosto grande estensione, almeno da una banda, e mediante l' arco conduttore, per cui vengono ambe le armature a comunicare; il quale arco debbe essere anch' esso tutto metallico.

Che se una parte di lui non lo sia, ancorchè picciola, se interpongasi, non che un cattivo conduttore, ma fino l' acqua, non facciam più nulla; e la ragione è chiara: l' acqua è ben lungi d' essere un

così eccellente conduttore, come i metalli; essa non lo è per avventura più delle stesse parti animali succose, e forse meno di alcune: dunque non vale a trasportare nè maggior copia di fluido elettrico, nè con maggior impeto da una ad altra parte dell' animale, cioè dai siti ove son poste le armature, di quel che facciano altre parti interne dell' animale, membrane, vasi, umori ec., che sono i suoi naturali conduttori. Vi vuole pertanto un arco metallico, non interrotto neppure dall' acqua, per operare un tale impetuoso trasporto di fluido elettrico, che occasioni le convulsioni di cui si tratta (*a*). Ed ecco come anche queste osservazioni intorno all' arco conduttore non tutto metallico, che nel presente caso non serve, tendono a confermare le mie idee sul naturale sbilancio e moto del fluido elettrico tralle parti dell' animale.

§. 52. Egli è come dicea, in seguito a tali idee, che ho fatto questi nuovi sperimenti sopra animali vivi ed intieri, e coll' esito già annunziato. Ne ho fatti non solamente sopra le rane, ma sopra anguil-

---

(*a*) Se l' interruzione sia minima, cioè i due capi di metallo immersi nell' acqua sian lì lì per toccarsi, potrà ancora aver luogo l' effetto. Non così se in luogo di acqua frappongasi qualsivoglia altro corpo sia liquido sia solido men deferente di essa, e quanto si voglia sottile. Bello è il vedere quando es. gr. non più che una carta sottilissima frapposta impedisce l' immediato contatto de' due capi di metallo, e per tale interrompimento già più non succedono le convulsioni, eccitansi queste al momento, che tratta fuori tal carta vengono quelli a toccarsi.

le ed altri pesci, sopra lucertole, salamandre, serpi; e quel ch'è più, sopra piccoli animali a sangue caldo, cioè topi ed uccelli: a' quali però, per riuscir bene, ho dovuto levar in parte la pelle. Or non dubito di riuscire anche ne' grandi animali, ne' quali tanto più sarà sorprendente l'esperienza, quanto più s'accostano alla struttura, se non esterna, interna dell'uomo (*a*).

Fine della Prima Memoria.

(*a*) Si sono già fatte da Galvani, e da altri suoi Colleghi delle sperienze sopra membra umane, cioè braccia e gambe amputate; e l'effetto ha corrisposto, essendosi ottenute delle contrazioni de' muscoli, e de' moti delle dita, come riferisce il sullodato Autore nella Lettera al nostro Carminati inserita nel primo Volume del Giorn. Fisico-Medico dell'an. 1792, e da altri pure viene attestato. Ma essi han proceduto col preparare al solito i nervi, cioè snudarli ed isolarli, quindi armarli di foglia metallica. Or non si tratta più di questo; si tratta di eccitare alla mia maniera le stesse contrazioni, e moti nelle membra, o recise o intiere de' grossi animali, e dell'uomo, senza punto denudare i nervi, col levar soltanto gl'integumenti, ove occorra ai muscoli ed applicare a questi le convenienti armature, come ho praticato sopra piccoli quadrupedi ed uccelli. Tali sono le sperienze, di cui ardisco pronosticare un'eguale successo.

MEMORIA SECONDA

SULL' ELETTRICITÀ ANIMALE

Questa Memoria è stata estratta dal Giornale Fisico-Medico del Sig. Brugnatelli, Tom. II. pag. 241.

§. 1. Essendomi nell' antecedente Discorso ristretto a dare soltanto un' idea delle molte e varie sperienze da me fatte sul soggetto quanto nuovo altrettanto interessante dell' Elettricità Animale nel decorso di circa due mesi, dacchè entrai in questo bel campo apertoci dall' insigne scoperta del D. Galvani; e fatto avendo poco più che enunciare in generale i principali risultati; stimo ora opportuna cosa il discendere a qualche più particolare descrizione. E siccome le mie prime ricerche furono indirizzate, conforme accennai (Mem. I. §. 1.), a determinare qual minima elettricità artificiale sia valevole ad eccitare nella rana ed altri piccioli animali delle convulsioni e moti simili a quelli, che osservansi prodotti dall' elettricità loro propria ed innata, considerando come tali ricerche dovevano spandere un gran lume sopra le altre, che avrei potute fare in seguito circa codesta elettricità animale od organica, siccome, dissi, credei espediente di premettere quelle a queste ricerche; così entro ora prima d' ogni altra cosa a dare un succinto ragguaglio delle medesime, concernenti cioè la debole elettricità artificiale applicata ai già detti piccoli animali, rane, lucertole, topi ec., ma singolarmente alle rane.

§. 2. Ho cominciato a provare l' azione dell' elettricità artificiale nella rana, tenendola in mano or per una zampa, or per uno de' piedi posteriori, ed ora per il capo, e ferendo diverse parti del suo corpo con scintille, ora del conduttore di una macchina elettrica ordinaria, ora dello scudo di un elettroforo; con scintille mano mano più tenui, fino a quel grado più picciolo di forza, che bastava giusto a convellere tutto il corpo, e cagionare un subsulto universale; e fino a quell' altro minimo grado, che eccitava appena le minime convulsioni, o palpiti di alcun muscolo o fibra. Or bene, la più picciola scintilla visibile a chiar o giorno, e sensibile appena per qualche leggier crepito, producea, se non il primo effetto, cioè le già dette convulsioni e sbalzi di tutto il corpo, il secondo delle contrazioni e tremiti parziali; e poco più vi voleva per ottenere anche quello.

§. 3. Non è tampoco necessario di colpire immediatamente alcuna parte dell' animale con tali deboli scintille, bastando che scocchino queste fra il conduttore elettrizzato, ed un' altro metallico, che comunichi o col corpo della rana a dirittura, o per l' interposizione di un terzo, di un quarto ec., talchè in somma la rana si trovi posta in qualche modo a fare anello di comunicazione tra questi conduttori, onde il fluido elettrico abbia a tragittare ancora per esso.

§. 4. Nè perciò pure è richiesto che tal serie di conduttori colla rana interposta si tengano *isolati*: giaccian pure tutti sulla tavola, o sul pavimento; che,

malgrado ciò, ogni scintilla che scoccherà dal conduttore della macchina contro una palla metallica, es. gr., la qual faccia capo dell' anzidetta serie di conduttori, ogni scintilla, dico, che scoccherà alla distanza di due linee, di una, e talvolta anche meno, e quindi assai poco forte, scuoterà non debolmente la rana, facendole contrarre, o stendere ad un tratto, e con impeto le gambe, massime se sia ella interposta ai conduttori in guisa, che comunichi agli uni con un piede, agli altri colla testa, o con un altro piede.

§. 5. Ho detto che non è punto necessario il tenere isolati e conduttori e rana; ma che possono star posati sulla tavola o altrimenti, purchè in serie continuata. E la ragione è, che il fluido elettrico, poco o molto che sia, allorchè è portato a trasfondersi istantaneamente, come avviene nelle scariche provocate in un colpo, siegue principalmente la via de' migliori conduttori. Per altro, siccome non lascia di scorrerne nel medesimo tempo porzione anche negli altri conduttori, men buoni sì, ma non cattivissimi, quali sono la tavola medesima, od altri legni non molto secchi, il pavimento ec., quindi è, che vi vuol sempre una scarica elettrica un poco più forte a convellere la rana interposta ai conduttori metallici, od altri sufficientemente buoni, se questi ed essa non sono isolati, che ove lo sieno tutti fino all' ultimo, il quale dee in ogni caso comunicare col suolo, per procurare un migliore, e pieno scarico.

§. 6. È dunque vantaggioso di tenere i conduttori metallici, su cui si scarica scintillando l' elettricità

dal conduttore della macchina, isolati, ed isolata anche la rana all' estremità di quelli; la quale d' altra parte comunichi con altri similmente buoni e vasti conduttori non isolati, come un filo di ferro, o catena prolungata ampiamente sul suolo.

§. 7. Ma più d' ogni altro vale a scuotere la nostra rana la scarica d' una boccia di Leyden; giacchè se l' elettricità di un semplice conduttore debbe pur esser di tal forza da eccitare una mediocre o picciola scintilla almeno, trattandosi della boccia basta una carica così debole, che non arriva a scintillare. E quì pure non fa bisogno, nè che si tocchi immediatamente la rana coll' uncino di essa boccia, nè di alcun isolamento: richiedendosi solo che ella si trovi collocata comunque nel *circuito* della scarica, o vogliam dire, che faccia parte dell' *arco conduttore*.

§. 8. In vero è sorprendente il vedere come e quanto venga scossa da tali scariche non scintillanti debolissime di boccette anche piccole: e solo diminuisce un poco la maraviglia, riflettendo come la carica delle boccie di Leyden a un dato grado dell' elettrometro equivale per quantità di fluido elettrico, in grazia della sì grande loro capacità, ad una carica dell' istesso grado di un semplice conduttore centinaja di volte più grande (*a*).

§. 9. Checchè ne sia, è sempre picciola la quantità di fluido elettrico, che trovasi accumulato in

---

(*a*) Vedi il Tom. I. P. I. della pres. Collez. pag. 165.

una boccetta di pochi pollici di armatura, quando addotta alla scarica con un arco condattore metallico non fa vedere la minima scintilla, e solo può esplorarsi, e misurarsene la sua debole forza coi più delicati elettrometri: e tale scarica pur basta a convellere la rana.

§. 10. Fin quì sottoponendo alle prove una rana viva e intiera. Che se venga prima sventrata, e tagliata in guisa, che le gambe tengano alla spina del dorso per i soli nervi crurali, cioè preparata alla solita maniera di Galvani, allora si convelleranno e guizzeranno esse gambe per una elettricità molto più debole ancora, per una neppur scintillante di un conduttore discretamente capace, e per una carica di boccetta di Leyden, che giunge appena a muovere di un grado il mio elettrometro a paglie sottili, e neppur tanto. La ragione di tale e tanta sensibilità è riposta nel dover passare quella qualunque siasi corrente di fluido elettrico tutta raccolta pel solo ristretto canale de' nervi crurali nudi ed isolati.

§. 11. Or dunque non si ricerca più che una picciolissima corrente di fluido elettrico, che invada il corpo del picciolo animale, singolarmente i nervi, e trapassi per essi con rapidità per eccitare ne' muscoli le indicate convulsioni. Dico con rapidità, giacchè se venga cotale trascorrimento ritardato da cattivi conduttori, può facilmente mancare l' effetto. Questa picciola ma rapida corrente, che attraversa il corpo della rana, si ottiene colla scarica anche debolissima di una boccetta di Leyden, che non

giugne cioè a dar scintilla, e talora neppure a muovere un delicato elettrometro, si ottiene con quella scintillante, comechè debolmente, e talora anche non scintillante di un semplice conduttore di discreta capacità, dirigendo tali scariche, sia immediatamente, sia per mezzo di altri conduttori sopra di esso corpo, come fin quì si è mostrato.

§. 12. Ma in un' altra maniera ancora si ottiene, che non dobbiam tralasciare di far osservare; ed è eccitando da un conduttore piuttosto grande ed esteso una forte scintilla, quantunque l' elettricità di questo per tutt' altra parte si traduca, che per la via de' conduttori, tra quali sta collocata la rana. Un uomo es. gr. cava questa grossa scintilla dal gran conduttore della macchina elettrica, e ne viene scosso fino ai piedi, giù pei quali passa nel suolo tutto il fluido elettrico scaricato, mentre la rana trovasi posata sulla tavola lontana molti piedi da esso conduttore elettrizzato, in contatto, o vicina a qualche altro buon conduttore non elettrico, nè tampoco isolato, anzi prolungato fino sul suolo. Or ecco che ella pure si scuote ed entra in convulsione al momento che l' uomo tira tutta sopra di se l' elettricità del gran conduttore della macchina.

§. 13. Or come mai può questo accadere, e d' onde? E qual' è quì la corrente di fluido elettrico, picciola o grande, che invade ad un tratto il corpo della rana, e l' attraversa? È facile di rispondere quando si conosce l' azione delle atmosfere elettriche, ch' egli è il fluido, ch' erasi smosso e ritirato dai conduttori sottoposti a quello elettrizzato, cioè

immersi nella sua sfera di attività, che molto si estende; il qual fluido rifluisce e torna a suo luogo per la strada medesima, cioè per la serie dei conduttori giacenti sulla tavola ec. tra quali è posta la rana, rifluisce dico all' istante che distruggesi quella atmosfera premente con provocare da qualsisia parte del conduttore elettrico, e in qualsisia modo la grossa scintilla, onde viene a scaricarsi del tutto, o in gran parte.

§. 14. Sarebbe inutile che io mi trattenessi di più a spiegare gli effetti di questa, che chiamasi appunto *elettricità di pressione*, e ad applicarli al caso di cui ora si tratta; giacchè a chi è nota la teoria de' medesimi non serve dirne davantaggio, e per farla intendere a chi non ne è al fatto ci anderebbe troppo a ripigliar la cosa dai suoi principj. Ella è questa una delle leggi primarie dell' elettricità, da cui dipende la massima parte de' fenomeni. Con questa solamente, cioè con fare una giusta applicazione dell' *azione delle atmosfere elettriche*, possono adeguatamente spiegarsi le cariche e scariche delle lastre isolanti, la virtù delle punte, le leggi de' movimenti elettrici, il giuoco dell' Elettroforo, del Condensatore ec. come ho in varie Dissertazioni mostrato, pubblicate in diversi Giornali (*a*), e come hanno mostrato tanti altri. Il fenomeno particolar-

---

(*a*) Memorie *sull' Elettroforo*, *sul Condensatore*, *sulla Capacità de' Conduttori* ec. Lettere *sulla Meteorologia elettrica*: nel Tom. I. di questa Collezione.

mente del riflusso del fluido elettrico ne' conduttori sottoposti anche da lontano all' azione delle atmosfere, è stato messo nel maggior lume da Mylord Mahon (*a*), il quale fa vedere come può uno venire, non che scosso violentemente, ma perfino ucciso da questo, che egli chiama *colpo di ritorno* (the returning stroke).

§. 15. Non debbe dunque più far maraviglia, che la rana si commova, posta sulla tavola vicino a qualsiasi conduttore non isolato, e discosta molti piedi dal conduttore elettrizzato della macchina, quando si tira da questo una discretamente forte scintilla, scaricandolo per un' altra strada qualunque: massime poi se tal conduttore elettrico sia molto esteso, e sovrasti alla tavola medesima. In questo caso, se al dipiù l' elettricità sia decisamente forte, e si scarichi ad un tratto con piena scintilla, vedrannosi comparire delle scintillette tra l' uno e l' altro dei conduttori metallici giacenti su di essa tavola, o tra qualcuno di questi e la rana, ove trovinsi non bene contigui; le quali scintillette manifestano pur chiaramente il fluido elettrico, che *rifluisce*, come si è detto. Essendo però, che una corrente anche minore di quella che può eccitare scintilla visibile, basta a scuotere la rana (§. 7 seg.), se provenendo da conduttori di sufficiente capacità porti ad un tratto una discreta quantità di fluido; e che molto più picciola corrente ancora basta a pro-

(*a*) Principles of Eletricity. London 1779.

durre l' effetto, a far cioè saltare le gambe della rana sventrata, e tagliata in guisa, che quelle tengano al tronco per i soli nervi crurali (§. 10), quindi non abbiam bisogno, in questo caso massimamente, nè di sì poderosa scarica del conduttore elettrizzato, nè di tanta vicinanza sua ai conduttori e alla rana posti sulla tavola, perchè questa si convella: basta che non sian fuori della sfera di attività, la quale si estende molto al di là di quella distanza, a cui può balzare la scintilla; tantochè se questa possa eccitarsi es. gr. tra due grosse palle metalliche a poco più di un pollice di distanza, l'atmosfera elettrica attuante giugnerà a 2, 3, 4 piedi ed oltre, secondo che il conduttore è più esteso e capace.

§. 16. Ed ecco come non hanno più nulla di sorprendente tutte le sperienze descritte nella 1.ª e 2.ª parte dell' Opera del Sig. Galvani, e delineate nelle due prime tavole (*a*). Mirabile è soltanto la grande

---

(*a*) Non voglio con questo detrarre nulla al merito dell' egregio Autore, nè intendo di significare, che tali sue sperienze si debbano avere in poco o in niun conto. Esse son belle nel loro genere; e quel che è più, lo hanno condotto alla grande, alla maravigliosa scoperta dell' Elettricità animale nativa, e propria degli organi, la quale viene eccellentemente dimostrata nella 3.ª parte dell' Opera medesima, e della quale ho cercato di fare quell' elogio, che conveniva, e l' ho fatto colla maggiore compiacenza nel discorso precedente. Intanto il pregio di questa 3.ª parte dell' Opera di Galvani, contenente l' enunciata insigne

sensibilità della rana, soprattutto preparata alla sua maniera, e d' altri animaletti, allo stimolo elettrico, per cui si convellono in tutte le membra al tragittare che faccia per essi, massime per la via de' nervi, picciola quantità di fluido elettrico non atta per anco a scintillare.

§. 17. Non è già che non siano egualmente sensibili, o quasi, anche gli animali più grossi: i quali se non vengono scossi a segno di entrare i loro muscoli in manifesta convulsione per quella picciola corrente di fluido elettrico che convelle i muscoli, i membri intieri, e fino il corpo tutto di piccioli animali; egli è perchè troppo si diffonde esso fluido nell' ampio corpo di quegli animali grandi, scompartendosi in tante, e tante strade deferenti, che gli offrono tante fibre, e vasi, e umori. Ne' piccioli animali all' incontro più poche essendo tali fibre deferenti, che gli si presentano, e obbligato essendo così quel poco fluido elettrico a scorrere per esse, tanto più agisce sulle medesime irritandole, quanto il canale trovasi più ristretto. Una simile cosa abbiam già notata (§. 10.) riguardo agli stessi piccioli animali, ne' quali, mediante il togliere tutti gl' integumenti ad uno o due nervi principali (come ai crurali della rana), e lasciarli nudi ed isolati, venga obbligata la corrente di fluido elettrico a tra-

---

scoperta, rimarrebbe sempre intiero e intatto, quand' anche si tagliasser fuori del tutto le altre parti come inutili, che pur non lo sono, avendo il loro pregio anch' esse.

gittare per questi soli. Del resto tolgasi ad un animale grande qualunque una porzione di qualche muscolo inserviente ai moti volontarj, del *gluteo*, es. gr., se ne tagli una porzione lunghetta, ma non più larga della gamba di una rana; e vedrassi se, come questa, non entra in contrazioni spasmodiche quel pezzo di muscolo, per l' istessa debolissima elettricità portata a tragittare per esso.

§. 18. Parlo sempre di trascorrimento di fluido elettrico, e di trascorrimento istantaneo, o almen rapido assai, il quale, quando si fa per entro ai fili nervosi, e alle fibre muscolari, ma singolarmente ne' primi (§. 10.), ancorchè sia picciola, anzi picciolissima la quantità di esso fluido, pur non lascia di eccitare grandi convulsioni e moti. Perchè altrimenti, se il fluido elettrico non è messo in tal corso, che tragittar lo faccia per detti nervi o muscoli; ma o vi si accumuli soltanto in qualsisia dose, o vi si diradi, non produrrà quegli effetti. Così se pongasi la rana intiera o preparata sopra il conduttore della macchina elettrica, e vada con esso acquistando la più forte elettricità, se ne rimarrà quieta, finchè non se ne provochi alcuna scintilla, oppure spignendosi troppo oltre l' elettricità, non ispunti da qualche parte del suo corpo, dall' estremità es. gr. di una gamba pendente, un forte fiocco elettrico. Lo stesso è ponendolo sopra lo scudo dell' elettroforo, e alzando ed abbassando questo a vicenda; comunque cambi ad ogni accostamento ed allontanamento lo stato e tensione elettrica di esso scudo, e quindi anche della rana postavi sopra. Lo stesso

esponendola all' aria di una stanza fortemente impregnata di elettricità, al segno che i pendolini di un' elettrometro di Cavallo vadano a battere contro le pareti della boccetta ec.

§. 19. Adunque lo stato elettrico *in più* o *in meno*, cioe la ridondanza o la scarsezza di fluido elettrico in tutto l' abito del corpo, un' *elettricità* qualunque *stagnante*, o come si suol dire di *semplice bagno*, non affetta il nostro sensibilissimo animaletto, neppur preparato: non lo affetta almeno in guisa di eccitare la sensibilità de' nervi o l' irritabilità de' muscoli, tanto che nascano in questi le contrazioni, che vi accadono sì per poco allorchè il fluido elettrico, anche in picciola dose, scorre e trapassa per essi.

§. 20. Considerando la qual cosa ben si vede, che poca o niuna influenza può avere lo stato elettrico dell' atmosfera sull' economia animale (*a*) per

---

(*a*) Si è pur troppo esagerato il potere di questa elettricità naturale atmosferica sull' economia animale, e sulla vegetazione. Il sostenere, che sia nulla affàtto la sua influenza sui corpi organizzati sarebbe troppo; ma ben può dirsi, che ella è sì piccola cosa da non doversene quasi far conto. Infatti per potente che sia questa Elettricità colassù nella regione delle nubi, e potentissima nelle nubi temporalesche, essa non è più sensibile quasi a pochi piedi da terra, anche nei luoghi non ingombrati da' muri o da piante talchè d' ordinario ne danno appena alcun segno all' altezza delle nostre teste i più delicati elettroscopj, e quando pure vi si fa sentire a segno di moverli di 6, 8, 10 gradi, o più, il che avviene ben di rado, non

quel che riguarda almeno i moti muscolari. E così pure, che poco o nulla per questo conto possiamo aspettarci dal metodo di applicare anche l' elettricità artificiale di semplice bagno alla cura delle malattie. Per ottenere qualche effetto sensibile bisogna tradurre istantaneamente, o a scosse il fluido elettrico da una ad altra parte dell' animale, dirigerne la corrente, sicchè stuzzichi nervi e fibre ec. operando cogli altri metodi conosciuti dell' *Elettricità Medica*: la quale per altro in mezzo a tanti fautori che ha avuto ed ha tuttavia, bisogna confessare, che non ha fatto quei progressi, che sembrava promettere (*a*).

è tuttavia che *elettricità di pressionè*, che non si trasmette cioè ai corpi sottoposti, se non lentissimamente. Qual effetto pertanto, qual alterazione sarà ella capace una sì blanda elettricità di produrre ne' corpi organici? È facile giudicare, col confronto dell' elettricità artificiale anche un poco più animata di questa, e anch' essa di sola pressione, che niuna alterazione sensibile. Oh! se sempre si riducessero le cose al loro giusto valore, quanti effetti si cesserebbe di attribuire a cause inadeguate, e richiamandoli a nuovo esame potrebbero venir meglio spiegati con altri principj. Ved. il Tom. I. P. II. della pres. Collez. pag. 166.

(*a*) Tra tante Opere sull' applicazione dell' Elettricità alla Medicina, la più completa e ragionata, lontana egualmente dagli eccessi de' fanatici, e visionarj, e da uno intemperante pirronismo: la più dotta insieme, e più giudiziosa è la seguente = *De l'application de l'Electricité à la Physique et a la Médicine* = par A. Paets van Troostwyk et C. R. T. Krayenhoff. Amsterdam 1788.

§. 21. Ritornando ora alla nostra rana, che tutta si scuote nelle gambe massimamente, al momentaneo trapasso che fa dalla terra ai piedi, o viceversa, una piccola quantità di fluido elettrico, e piccolissima poi oltre ogni credere, quando esse gambe tenendo per i soli nervi crurali alla spina del dorso, per questi sia costretta a passare tutta la corrente (§. 10), dirò, che non pago delle sperienze fin quì riferite, e fatte alla buona, volli con maggiore accuratezza e precisione determinare qual forza di elettricità potea bastare a convellere molto o poco la rana sottoposta in diverse maniere all' esperienza, riducendo tal forza a misure e gradi comparabili, con acconci *Elettrometri*, col *Condensatore*, quando gli elettrometri soli non segnano più la troppo debole carica; con ogni possibile artificio insomma: A quest' oggetto misi in ordine un piccolino e semplice apparecchio, che passo brevemente a descrivere.

§. 22. Consiste dunque in due colonnette, o tubi di cristallo, lunghi sei pollici, più o meno, piantati in un' assicella, ciascuno de' quali porta in cima un piattello di sughero, o di altro legno dolce, per conficcarvi facilmente con due spilloni la rana, la lucertola ec. nel modo, che si vuole. D' ordinario ve la inchiodo per la testa, o per una delle zampe d' avanti da una parte, dall' altra per uno de' piedi, rimanendo così penzolone tralle due colonnette di vetro l' altra gamba posteriore: la quale è poi bel vedere come balza, allorchè traducendo la scarica elettrica pel corpo della rana

entran tutte le sue membra in convulsione, anche quelle, che non trovansi sulla via diritta del tragitto. Altre volte conficco ambedue i piedi insieme: altre un piede di quà, un di là, sicchè il tronco rimanga pendente colla testa in giù ec.

§. 23. Affissa così la rana al patibolo, trovasi convenientemente *isolata*; onde tutta la corrente, piccola o grande, di fluido elettrico, che gli si vorrà scaricare addosso, è costretta a passar raccolta nel suo corpo, senza che punto se ne disvii per altri conduttori: mercè di che avviene, che più piccola carica di elettricità basti a conveller le membra, che vada, come abbiam già fatto osservare (§. 5). Vero è che sono in paragone del corpo dell'animale, pieno in tutte le parti di umori, sono così poco deferenti i legni discretamente asciutti, che non molto si perderebbe, ancorchè venisse conficcata la rana immediatamente sopra un'assicella, la quale non fosse manifestamente umida o bagnata, e nulla quasi si perderebbe se fosse detta assicella ben secca. Ad ogni modo volendosi una certa esattezza, è più spediente e sicuro il mantenere un perfetto isolamento coi due tubi di vetro nel modo or ora descritto.

§. 24. Del rimanente questo apparatino riesce affatto comodo per qualunque maniera adoperar si voglia d'infonder l'elettricità, e tradurla pel corpo dell'animaletto. Vi piace di scaricarvi sopra una boccetta di Leyden? Basta, che appoggiatone il ventre ossia armatura esteriore ad uno dei spilloni incliniate essa boccetta fino a toccare col

suo uncino la testa dell' altro spillone. Volete un' altra volta far prova della scarica di un semplice conduttore? Prendete in mano l' assicella, e tenendo toccato con un dito uno de' spilloni, oppure un filo, o catenella, che ne penda, portate la testa dell' altro spillone sotto il conduttore elettrizzato, fino a farvela bruscamente toccare.

§. 25. Or venendo a quello, che più importa, che è di misurare con esattezza, e ridurre a gradi comparabili, come ci siamo proposti le forze elettriche che s' impiegano, ecco il rimanente del mio apparecchio. Sopra un' altra colonnetta di vetro, alta un piede circa, e incrostata di ceralacca, acciò isoli a dovere, è piantato orizzontalmente un Conduttore cilindrico di legno inargentato del diametro di un pollice e della lunghezza di due piedi circa, il qual porta ad una sua estremità un Elettrometro di Henly, ossia *Quadrante-elettrometro* de' più sensibili di questo genere (*a*), quale dinoteremo con abbreviazione, dovendo tante volte nominarlo *Quad. el.*

§. 26. All' altra estremità fo toccare e star unito, quando occorre, cioè quando l' elettricità è così debole, che non giunge a darne segni il *Quad. el.*, il cappelletto di un Elettrometro a boccetta coi pen-

---

(*a*) Ho fatto anche a questo Elettrometro de' miglioramenti considerabili, che sono indicati nelle tante volte citate mie *Lettere sulla Meteorologia elettrica*. V. il Tom. 1.° P. 2.° pag. 5.

dolini di sottil paglia; 16 gradi del quale corrispondono ad un grado del *Quad. el.* suddetto. Chiamerollo questo *Micro-elettrometro* e per abbreviare sarà scritto *Micr. el.*

§. 27. Questo Elettrometro a boccetta, *Micr. el.*, munito di un piattello, che si avvita in testa, e che è destinato a condensarvi l'elettricità, mediante il tenervi applicato colla mano, mentre quella vi s' infonde, un pezzo d' incerato, o di taffettà verniciato, il qual s' avvolge intorno alla mano medesima, e forma una specie di guanto (*a*). I gradi che risulteranno con tal artificio del *Condensatore a guanto*, il quale mi suol dare 50 circa per uno, li chiameremo 50.^{mi} di grado, o gradi del *Micro-elettrometro Condensatore*, e in abbreviatura *gr. Micr. Cond.*

§. 28. Da ciò si rileva, che a un grado del *Quad. el.* corrispondendo 16, come si è detto (§. 26) del *Micr. el.*, corrispondono 800 circa del *Micr. Cond.* ossia che un grado di questo vale $\frac{1}{800}$ circa di grado del primo. Così dunque quando la carica es. gr. di una boccia di Leyden è insensibile, sicchè non si move neppur di un grado il semplice *Micr. el.*, se coll' indicato artifizio del mio Condensatore a guanto (§. preced.) si ottengano 4. 6. 8. 10 gr. *Micr. Cond.*, sarà di altrettanti 50.^{mi} di grado del *Micr. el.*, e 800.^{mi} del *Quad. el.*, che dovrà dirsi esser carica la boccia.

(*a*) Loc. cit.

§. 29. Ma per dare in qualche modo un' idea, e offrir un termine di paragone della forza, che corrisponde ai gradi di elettricità negli indicati stromenti di cui mi servo, farò osservare prima, riguardo alle forti cariche, che poche boccie di Leyden ne sopportano una, che faccia ascendere a 70 gradi il mio *Quad. el.* i quali 70 gradi, (che son gradi di circolo), per la difficoltà che incontra il pendolo sempre maggiore d' innalzarsi, come ha oltrepassati i 40, vanno computati, secondo i miei calcoli e correzioni, 85 in 90 gradi (*a*): poche boccie, dico, sopportano tanta carica, senza scaricarsi spontaneamente, o spezzarsi. Una carica poi di 40 in 50 di tali gradi in una boccia di 100 pollici quadrati di armatura, giunge sovente ad uccidere, o per lo meno a tramortire una lucertola, una rana, un picciol topo.

§. 30. Riguardo all' elettricità debole e debolissima, che più fa al caso nostro, vengo a dire, che ad ottenere dal semplice Conduttore (§. 25) lungo soltanto due piedi la più tenue scintilletta, nulla punto crepitante, non eccitabile ad alcuna sensibile distanza, ma solo al contatto di un metallo, e non visibile se non all' oscuro, debb' essere l' elettricità sua da 1 in 2 gradi del *Quad. el.*, ossia 20 in 25 gr. del *Micr. el.* Che se il Conduttore fosse molto più grande, basterebbero per tal minima scintilluzza 10 gr. del *Micr. el.*, ed anche meno.

(*a*) Loc. cit.

§. 31. Così poi trattandosi di cariche di boccie di Leyden, posson bastare due gradi soli, ed anche uno dello stesso *Micr. el.*, e meno ancora, secondo che la boccia è più capace. Una boccettina, di cui mi servo il più delle volte, di 12 poll. quadrati di armatura, vuol esser carica 2 in 3 gradi del *Micr. el.* per darmi al contatto di un arco conduttore tutto metallico quella sì minuta scintilla, che appena posso scorgere al bujo: meno di 2 gradi non basta.

§. 32. Una sì tenue carica, che muove appena i pendolini del Micro-elettrometro, e appena appena attrae da vicino un pelo sottilissimo di lino, od un minuzzolo di foglietta d'oro, non mi cagiona la minima sensazione, nè sulla punta del naso, nè su quella della lingua, nè sulla palpebra dell'occhio, portando al contatto loro l'uncino della boccetta, che tengo in mano. Vi vuole a farmi sentire una lievissima, e appena percettibile puntura, una carica vi vuole, che sia doppia di così, di 4 gradi almeno del *Micr. el.*

§. 33. A qual prodigiosa debolezza vanno dunque le cariche, quando non si possono rendere sensibili neppure al *Micr. el.*, se non ricorrendo all'artifizio del Condensatore; e con questo pure non s'ottengono che 4. 6. 8 gradi *Micr. Cond.* che sono 50.ᵐⁱ di grado del semplice *Micr. el.*, e 800ᵐⁱ del *Quad. el.* (§. 27. 28)? Eppure abbiam già indicato (§. 7) e faremo più chiaramente vedere, che meno di questo, cioè le cariche di 2 soli di tai

gradi *Micr. Cond.* bastano ad eccitare contrazioni e spasmi ne' muscoli di una rana, che sia preparata alla maniera del Sig. Galvani, cioè che abbia le gambe attaccate ad un pezzo di spina dorsale per i soli nervi crurali, e che sia appesa al patibolo per questa spina, o nervi da una parte, e per una od ambe le gambe dall' altra: bastan, dico, due soli *gr. Micr. Cond.*, se però la scarica è portata dai nervi ad essi muscoli, che altrimenti vi vuole dipiù.

§. 34. Ecco quello, che ho creduto di dover premettere intorno ai gradi o misure dell' elettricità, per essere bene inteso nel racconto delle mie sperienze, e acciò ripetendole altri possano, riportandosi ai medesimi determinati gradi, ottenere anche eguali i risultati. Per non creare lungo tedio ne referirò quì poche: quelle soltanto in cui ho notate più diligentemente le circostanze, e con maggior accuratezza fissati i gradi delle forze elettriche impiegate: giacchè poi le infinite altre sperienze che ho fatte dell' istesso genere mi han dati risultati, se non del tutto conformi pochissimo discrepanti. E come ho assoggettati alle prove de' ranocchj or vegeti e sani ed ora languenti, ora intieri e ora decapitati, or con la spinal midolla traforata, o lacerata, or in altro modo straziati; e ho fatti lor soffrire questi strazj e preparazioni quando poco prima di assoggettarli alle prove elettriche, quando molte ore, e fino un giorno innanzi; e dopo averle così o intiere, o mezzate queste povere rane sottoposte all' elettricità artificiale mano mano più de-

bole o più forte, son passato a prepararle con denudarne i nervi crurali, lasciatili attaccati alle gambe, e reciso tutto il resto, salvo tal ora un pezzo della spina dorsale, cui altre volte ho troncata intieramente; e in tal guisa preparatele, di nuovo tentato, non solo qual più piccola elettricità artificiale bastasse a convellere i muscoli delle gambe, ma se dessero pur anche segni della propria innata elettricità animale, o spontanea, e a qual grado: come, dico, ho predisposte e trattate le mie rane in tanti modi; così di ciascuna maniera diversa, scegliendo fralle tante sperienze consimili un' esempio, darò come un tipo dei risultati, col quale convengono presso a poco tutte le altre prove analoghe.

§. 35. Cominciando dunque dalle rane prive di forza e di vita, non mutilate, nè straziate innanzi, queste vengono scosse violentemente in tutto il corpo per una scintilletta di un conduttore cilindrico (§. 25), elettrizzato circa 10 gradi del *Quad. el.*; nè lasciano di risentirsi con una leggiera convulsione nelle gambe per un' elettricità di 6 in 8 gradi, e un pocolino anche per quella di 4 o 5. Egli è poi presso a poco indifferente, che l' elettricità del Conduttore sia per *eccesso* o *per difetto*; e che la scarica si diriga dalla testa ai piedi, o viceversa, od anche dall' un piede all' altro: anzi così, cioè stando la rana appesa al patibolo con una gamba di quà l' altra di là, pendente il corpo, 3 soli gradi *Quad. el.* fanno qual-

che effetto, ed anche meno, come sarebbe 30 del *Micr. el.* (*a*).

§. 36. Troncato il capo alla rana, e infisso lo spillone nella spinal midolla, le cose succedono presso a poco come non troncato il capo, e se vi è qualche differenza, è piuttosto nel venir eccitate le convulsioni con minor forza elettrica.

§. 37. Con una boccettina di Leyden picciolissima, cioè di 3 pollici quadrati appena di armatura (che ha però 10 o 12 volte maggiore capacità del suddetto semplice Conduttore) basta un' elettricità quattro o sei volte ancora più debole, cioè una carica di 5, o 6 gradi del *Micr. el.*

§. 38. Con una boccetta di 12 pollici quad. basta la carica di 2 in 3 gradi dell' istesso *Micr. el.*

§. 39. Con boccie più grandi si guadagna ancora, ma poco; giacchè con una di 30 poll. quad. di armatura vi vollero a convellere la rana intiera, se non in 2 o 3 gradi dell' istesso *Micr. el.* più di 10 gradi; ed uno o poco meno con una boccia di 96 poll. quad.

§. 40. Non debbo lasciare di fare osservare,

(*a*) Siccome i miei Micro-elettrometri a pagliette lunghe sottili non arrivano a 30 gradi, ma a 20, o 24 al più, oltre al qual termine detti pendolini sono portati a toccare le pareti della boccetta; così mi servo all' opportunità di un' altro Elettrometro a paglie più corte e grosse, ciascun grado del quale corrisponde a 4 gradi del primo, e ad $\frac{1}{4}$ di grado del *Quad. el.*

che le più piccole convulsioni si eccitano talvolta ne' soli diti de' piedi; altre volte in alcune fibre de' muscoli delle coscie: quelle alquanto più forti, prodotte da un poco più di quel minimo di elettricità, si manifestano in tutta la gamba, che si scuote e balza; finalmente anche nelle altre parti del corpo, e nella spina dorsale, che s' inarca ec.

§. 41. In generale poi è eguale la sensibilità, come nella rana intiera, o semplicemente decapitata, così pure in una finita di trucidare col passare un lungo ago per tutta la sua spinal midolla, ed anche nelle sole gambe recise da tutto il resto del corpo: e questa sensibilità mantiensi nell' istesso grado, o presso a poco, per più d' un ora dopo tali mutilàzioni; talchè per tutto questo tempo bastano sempre a produr le grandi convulsioni i 10 gradi *Quad. el.* del semplice conduttore e le piccole i 5, o 6 gradi (§. 35); la carica della boccettina piccolissima di 5 o 6 gradi del *Micr. el.* e quella di 2 in 3 *Micr. el.* della boccetta di 12 poll. quad. di armatura (§. 37 e 38).

§. 42. Adunque basta, adoperando una tal boccetta, che è ancora delle piccole, a produr le contrazioni nella rana intiera o mutilata, o nelle sole gambe recise, conficcati i due piedi un di quà un di là sul patibolo, basta una carica così tenue, che appena dà, come abbiam già fatto osservare §. 31 e 32, una scintilla minutissima, nulla punto crepitante e visibile soltanto al bujo, e che non si scaglia a nessuna distanza sensibile, ma esige il contatto, si può

dire, immediato dell' arco conduttore metallico; una carica, che attrae appena un leggerissimo filo, e move a stento un minuzzolo di foglietta d' oro la più sottile; che non produce la più leggier puntura sulle palpebre, sulla punta del naso ec. Sì debole elettricità fa invero meraviglia come produca sì grande effetto ne' membri vivi e morti della nostra bestiuola. Ma niente è ancora se si paragona a quella molto più debole, che produce le istesse convulsioni, anzi più insigni, quando si è preparata la rana alla maniera del Sig. Galvani.

§. 43. Tagliatala dunque in modo, che le gambe restino attaccate per i soli nervi crurali a un pezzo della spina, bastano allora a convellerla, nè tanto debolmente, 2 soli gradi, o 3 al più *Micr. el.*, e non già delle boccie di Leyden; ma del semplice Conduttore (§. 25). Che se poi adoprisi la boccetta dei 12 poll. di armatura; basta la carica di 1 grado solo dello stesso *Micr. el.* a convellere fortemente le gambe, ed eccitare scosse ec.; ed anche molto meno, cioè 15 o 16 50.^{m} di grado, calcolati col *Condensatore a guanto*, e che dinoto 16 *gr. Micr. Cond.* (§. 24).

§. 44. Tanto di elettricità basta se dirigasi la scarica, ossia la corrente di fluido elettrico, dalla midolla spinale, cioè dai nervi alle gambe, o da queste a quella. Ma v'è dipiù: se la direzione sia dalla spina alle gambe, han luogo le convulsioni per una forza elettrica 4. 6. 8 volte minore ancora, cioè di due, o tre gradi *Micr. Cond.* adoperandosi la boc-

cetta; e 2 in 3 del semplice *Mic. el.* se non si adopera carica di boccetta, ma il solo Conduttore (§. 25).

§. 45. Quali conseguenze dedur si possano da questa osservazione, confermata omai da mille sperimenti da me fatti colla maggiore accuratezza, cioè della molto minor forza elettrica richiesta ad eccitare le convulsioni, dando al fluido tal direzione, l'ho indicato già in uno scrittarello al Dottor Baronio (*a*), e nel discorso, o memoria precedente a questa (*b*); e nulla sopra un tal punto stimo ora opportuno di soggiungere.

§. 46. Tornerem piuttosto a ciò, che merita pure gran considerazione, ed è, come una forza elettrica inconcepilmente piccola, una carica di boccetta di Leyden 40 o 50 volte più tenue di quella, che al contatto di un metallo può dare una minutissima scintilla visibile appena al bujo, e 20 volte, a dir poco, minore di quella, che fa marcare un sol grado al mio Elettrometro già molto sensibile a fili di paglia sottilissimi; carica così esile, che non muove punto neppure il sommamente delicato Elettroscopio di Bennet a listerelle di foglia d'oro sottilissima, basta a convellere le gambe della rana preparata nel modo indicato.

§. 47. Egli è così, che codesto *Elettrometro animale*, che può veramente dirsi tale, vince tutti

---

(*a*) V. il pres. Vol. pag. 3.
(*b*) Ivi pag. 13.

gli altri Elettrometri, siau quanto si voglia sensibili e delicati, nel dar indizio delle cariche estremamente deboli; giacchè dove parrebbe esser nulla la carica di una boccia, anche cimentandola col sopraddetto Elettroscopio di Bennet, (e solo potremmo averne dei segni col Condensatore) comparirà qualche cosa nella contrazione e scuotimento, che essa produrrà nella rana preparata.

§. 48. Che se può far tanto negli organi dell' animale l' elettricità artificiale debole a tal segno da eludere ogni Elettrometro, non vi è più difficoltà a concepire, che lo stesso far possa, produrre cioè le contrazioni e moti muscolari, un' elettricità propria e innata degli organi egualmente fiacca, vuò dire di sì debole tensione, che non giunge a muovere il più delicato de' detti Elettrometri.

§. 49. E invero un' elettricità, uno sbilancio di fluido elettrico tralle parti dell' animale, di un tal polso, che valesse a muovere i nostri Elettrometri, non potrebbe in alcun modo sussistere; stante la qualità conduttrice delle fibre medesime, de' vasi e umori di esso animale. Però la Natura ha provveduto di tale e tanta sensibilità i nervi, di tale e tanta irritabilità i muscoli, che una forza elettrica per tutt' altra maniera impercettibile basti ad eccitare le dette contrazioni e moti muscolari. Un simile fenomeno, che può servir d' esempio, lo abbiamo nella luce, la quale avvegnachè non abbia un momento meccanico bastevole a produrre la minima impulsione sensibile, a muovere es. gr. una piuma od altro corpo leggerissimo da lei investito,

pur eccita vivamente il nervo ottico, fino ad offenderlo per troppo gagliarda sensazione, e sì lo eccita non debolmente anche una luce debole e rara. Or dunque non fia maraviglia, che una piccola e debol corrente di quest' altro fluido etereo, sottilissimo, analogo, si può dire, alla luce (*a*), qual è il fluido elettrico, investendo altri nervi, forse del pari delicati, o poco meno, dirò meglio del pari sensibili relativamente a lui, li stimoli, ed ecciti, che da questo eccitamento de' nervi ne provengano poi le contrazioni e moti de' muscoli da quelli dipendenti.

§. 50. Ma che? Sarà dunque sopra i nervi, e non sopra i muscoli, che il fluido elettrico agisce *immediatamente;* e la sua azione verrà limitata ad eccitar

---

(*a*) Non voglio già con questo insinuare, che il fluido elettrico sia lo stesso che la luce, e neppure una modificazione di essa. Tutte le sue qualità lo manifestano per un fluido *sui generis*, e il suo odore e sapore per un fluido più composto della luce, sebbene ancora rarissimo e sottilissimo. L' analogia dunque, che ho voluto indicare del fluido elettrico colla luce col calore ec. consiste in ciò, che come questi appartiene anch' esso ad una classe di fluidi incomparabilmente più sottili ed elastici, di fluidi aeriformi o gas, e non sensibilmente pesanti; la qual classe si può denominare dei *fluidi eterei*.

Ma intorno alla natura e costituzione del fluido elettrico, di cui ora si tratta, mi riservo a spiegare alcuni miei pensamenti, dietro a varie nuove sperienze e curiosi risultati, che mi è riuscito di ottenere, in altro luogo più opportuno.

quella solamente, allorchè movesi e trapassa per questo o quel membro dell' animale con forza affatto insensibile ai più squisiti elettrometri? Così appunto mi conducono a credere molte nuove sperienze che ho fatte, e che verrò tra poco esponendo, cioè che il *primario effetto* del fluido elettrico così mosso consista nel mettere in giuoco l' *azion nervosa;* conseguenza della quale, anzi veri e proprj effetti della medesima, sian poi i moti de' *muscoli volontarj*.

§. 51. Con ciò andiamo d' accordo coi migliori Fisiologi, che questi ed altri moti, ma singolarmente i spontanei fan dipendere immediatamente dall' azione od influenza de' nervi. Ma arrestandoci quì, un poco sembra che abbiamo guadagnato col nostro fluido elettrico, con questa nostra Elettricità animale; o se non poco, certo non tanto quanto ci promettevano le prime sperienze. Abbiamo scoperto, è vero, in esso fluido, messo in moto per opera dell' organizzazione medesima, un' agente immediato, l' eccitatore proprio della sensibilità de' nervi; e questo è già molto; ma non basta; avremmo voluto andare più innanzi, e ci pareva d' esserci giunti; di essere cioè già certi, che il fluido elettrico medesimo movesse egli i muscoli, ossia colla sua propria virtù stimolante, onde le contrazioni e moti loro. Che però dovendoci ora ridurre ad attribuirgli soltanto l' azione su' nervi, quanto mai restiamo addietro del segno, a cui ci credevamo pervenuti? Intendiamo e spieghiamo in qualche modo quella primaria eccitazione de' nervi, o a meglio dire, sap-

piamo onde viene; ma come poi essa desti e metta in giuoco la forza muscolare resta ancora un problema com'era prima.

§. 52. Torno a dire, noi ci lusingavamo pure di aver sciolto un tal problema, o portata almeno una gran luce sopra una questione tanto ancora oscura per i Fisiologi: giacchè mentre questi èran costretti ad arrestarsi a cotale non ben intesa azione, od influenza de' nervi nel moto muscolare, cioè non giungevano a spiegare per qual meccanismo, o per mezzo di che si comunichi da un capo lontano, di nuovo leggermente stimolato, l'azione al nervo tutto fino ai suoi ultimi rami, e come passando quindi ai muscoli ne ecciti le sì valide loro contrazioni; ci lusingavamo di giungere noi a ciò spiegare col nostro fluido elettrico trascorrente da' nervi ad essi muscoli, ed irritante i medesimi sul luogo. Già gl'istessi Fisiologi, ancorchè considerassero comunemente l'*irritabilità* qual forza propria e innata de' muscoli, pur ricorrevano ad un' agente intermedio, o veicolo qual si fosse, per mezzo di cui tramandar si potesse e compiersi l'azione dei nervi sopra essi muscoli. E quì si abbandonavano alle ipotesi, chi mettendo soltanto in azione le parti solide del nervo, e concependo delle vibrazioni e tremori, che si propagassero da un capo all'altro; chi supponendo (e questi furono, e sono anche oggi la maggior parte) un certo qual fluido sottile, a cui dan nome di *Spiriti animali*, e assegnandogli il doppio officio di portare per la via de' nervi al sensorio comune le impressioni degli oggetti esterni, e di scorrere a'

cenni della volontà pei nervi ai muscoli, ed eccitarvi i moti. Or ecco il passo più grande, che già ci credevamo di aver fatto dietro la scoperta dell' Elettricità animale, e seguendo le idee del Sig. Galvani Autore di questa grande scoperta, ci credevamo giunti a comprendere per qual mezzo appunto, e come esercitisi l'impero de' nervi su' muscoli, o qual fosse almeno cotal fluido nerveo, che volea insignirsi col nome di *Spiriti animali*. Quest' era il fluido elettrico; e la funzion sua principale immaginammo che fosse, scorrendo da' nervi suoi particolari conduttori a' muscoli, di agire immediatamente su questi, qual proprio e naturale stimolante de' medesimi. Come bene si spiegava in questo modo la cosa? Ma le spiegazioni più plausibili e seducenti, e quelle ancora, che sembran conformi alle prime generali apparenze, sono rare volte confermate da un esame più rigoroso e seguito de' particolari fenomeni; e quando al presentarsi di una bella scoperta ci sembra di poter andare molto innanzi estendendola a grandi e magnifiche cose, siam sovente obbligati a dar addietro, ed a rinunciare a gran parte dei disegni concepiti (*a*). Così

(*a*) Potrebbero addursi di ciò molti esempi, ma ci bastino due soli, il primo de' quali preso pure dall' Elettricità. Cosa non si promettevano molti anni sono, e Fisici e Medici dall' elettricità artificiale applicata alla medicina? E alla fine, di quanto poco profitto è debitrice l'arte salutare a codesta *Elettricità medica* omai abbandonata! Lo stesso in certo modo è stato della scoperta dei mezzi,

è accaduto nel caso presente: esaminata meglio la cosa, variando le sperienze e tentandone di nuove, ho dovuto accorgermi alla fine, che assai più limitato di quel che supponea Galvani, ed io con lui, egli è il giuoco del fluido elettrico negli organi animali, terminandosi la sua azione immediata nei nervi, come sopra si è detto (§. 50).

§. 53. Non voglio già negare, che possa agire anche su questi immediatamente, ed irritandoli per se stesso eccitarne le contrazioni e moti. Un' elettricità forte, una scintilla viva e pungente, che col-

---

onde misurare la respirabilità di diverse arie, per cui si pretese di potere coi così detti *Eudiometri* conoscere ogni vizio e qualità d'aria, discernere tutte quante le arie morbose ec., quando il tutto si riduce al potersi con tali stromenti misurare una sola delle tante qualità e modificazioni, di cui è suscettibile l'aria atmosferica, cioè i gradi della sua respirabilità, o a dir più giusto, la dose che contiene di *aria* pura *vitale*. (Può vedersi su ciò l'articolo *Eudiometro* da me composto, e inserito nella traduzione di Scopoli del *Dizionario di Chimica* di Macquer). Non per questo però, che si sian dovute sovente riformare le belle e vaste idee concepite, e raccogliendo le vele troppo aperte piegare al ritorno, voglion condannarsi i tentativi arditi, e gli sforzi che si fanno dagli uomini di genio per estendere qualsisia scoperta, ed applicarla a quante più cose si può; che anzi è bene, che impieghinsi dapprima le forze dell' ingegno in cercare e tentare tutte le possibili applicazioni, e spingansi le cose anche oltre i limiti, purchè disposti si sia a retrocedere poi, ove scorgasi di essersi troppo inoltrati, e a ridurre infine le cose al loro giusto valore.

pisca il muscolo, può e dee far questo, come ogn' altro stimolo. Ma quì si tratta di elettricità debolissima, qual è l' elettricità animale, impercettibile ai più delicati elettrometri; e questa è, che non valendo ad irritare immediatamente i muscoli, i soli nervi affetta sensibilmente; i quali poi portano la loro azione sopra i primi, in qual modo non sappiamo ancora.

§. 54. S' ella è così, non sarà dunque neppur necessario che esso fluido elettrico faccia incursione ne' muscoli medesimi, che hanno da convellersi; bastando che si limiti il suo trascorso ad una parte del nervo o nervi, da cui vengon retti e dominati que' tali muscoli. Ora molte sperienze mi han dimostrato che ciò appunto basta. Ne addurrò qui alcune solamente delle più dimostrative.

§. 55. Preparata una gamba di una grossa rana in guisa, che il nervo crurale bene snudato e reciso, dalla spina dorsale, avanzi fuori dalla coscia quanto è lungo, ne copro un pezzo all' estremità con una laminetta metallica piegatavi intorno, oppur lo serro con pinzette; e lo stesso fo ad un' altro pezzo dell' istesso nervo poco sotto, cioè lo fascio con altra listerella di lamina metallica a forma d' anello, o lo stringo con altre pinzette, lasciando una o due linee d' intervallo tra l' una e l' altra di tali armature; cosicchè al disotto della inferiore rimane ancora una porzione di nervo nudo, come nuda rimane quella picciola parte framezzo. Ciò fatto scarico una boccetta di Leyden debolissimamente carica, cioè o non scintillante, o appena, sopra le due armature

poste al nervo, in modo che la sola porzione di esso compresa tra quelle si trovi nel *circuito* della carica: ed ecco, che tutti i muscoli della gamba si convellono fortemente, ed essa si slancia e salta; quantunque, come manifestamente appare, la corrente di fluido elettrico siasi ristretta al nervo solamente, anzi ad una picciola sua parte, e i muscoli e la gamba tutta sian rimasti intieramente fuori. Non è dunque necessario, che detta corrente giunga fino ai muscoli, che il fluido elettrico stimolante li invada: basta che solletichi e stimoli i nervi, da cui tali muscoli suscettibili di moto volontario immediatamente dipendono.

§. 56. Simile sperienza ho ripetuta molte volte anche sopra animali a sangue caldo, ne' quali, e più facilmente e più insigni si ottengono i descritti effetti. Scoperto, e liberato da tutte le sue aderenze intorno, il grosso nervo *ischiatico* ad un agnello, e troncatolo due o tre pollici sopra la sua inserzione ne' muscoli della coscia, vi applico due listerelle circolari di foglia o laminetta metallica, una vicino all' estremità troncata, l' altra alcune linee od un pollice sotto; oppure lo stringo con pinzette ne' due indicati luoghi, e se mi piace anche vicinissime le une alle altre, sol che non si tocchino. Così preparato il nervo, e tenendolo con un filo di seta od altro sollevato dal contatto delle parti vicine, fo passare per quella picciola porzione di lui, ch' è interposta alle due armature metalliche, una debole scarica elettrica; la quale, come si vede, non che giugnere ai muscoli della gamba, non s' estende nep-

pure all' altra porzione del nervo, che riman nuda tra la inferior armatura, e l' inserzione di esso nervo nella coscia: eppure non lascia la gamba di convellersi, e sbattersi tutta quanta, egualmente che se si scaricasse la boccetta di Leyden applicandone un' armatura alla gamba medesima, e l' altra al nervo.

§. 57. Queste sperienze, come dicea, ho io replicate e variate in più modi coll' istesso evento, ed ho avuto occasione di notare che, le altre cose pari, soglion riuscire più forti le convulsioni nell' arto reciso dal tronco, che lasciando intiero il corpo, e preparando il nervo al suo luogo: ciò almeno quando il nervo che si prepara è l' *ischiatico* ne' quadrupedi, il nervo crurale o il brachiale nelle rane.

§. 58. Quello che or mostrato abbiamo succedere impiegando cariche elettriche artificiali, nelle quali prove ancorchè si limiti il fluido ad agire su alcuni punti solamente, e dentro un picciolo tratto del nervo, pur ne nascono le contrazioni e moti di muscoli, comunque lontani, ad esso nervo obbedienti: quello stesso avviene anche per le scariche, o trasporti di fluido elettrico non prodotti da alcuna previa carica artificiale, ma che procedono da parte a parte dell' animale mercè la semplice applicazione delle convenienti armature ed arco conduttore; cioè avviene, che portata l' azione su' nervi soli, anzi sopra una piccola porzione di tronco nerveo, vi rispondano i moti de' muscoli a que' nervi soggetti, ancorchè la vera e propria corrente elettrica non giunga punto ad essi muscoli. Scopransi, e si isolino i nervi crurali di una rana, l' ischiatico di un

agnello ec., e come sopra (§. 55. 56.) applichinsi a due parti più o men vicine dell' istesso nervo, le due armature metalliche, l' una di foglia di stagno, l' altra d' ottone, o meglio d' argento (vedremo tra poco quanto importi, che siano di diversi metalli); indi si facciano comunicare, o per mezzo di un terzo metallo qualunque, od anche senza di questo con avanzare l' una contro l' altra finchè si tocchino: all' istante si ecciteranno le convulsioni, e sbattimenti di tutto il membro, che pur non è tocco, e a cui nulla si può concepire che giunga del fluido elettrico smosso soltanto da parte a parte, e sì da una ad altra parte vicina del nervo.

§. 59. Non si concepisce troppo neppure come si smuova detto fluido elettrico da un luogo all' altro così vicino dell' istesso nervo, per la sola applicazione di quelle armature, e comunicazione esterna delle medesime, e perchè richiedansi tali armature *dissimili*; ma questo è un fatto che provasi con esperienze dirette, e intorno a cui ci tratterremo altrove di proposito.

§. 60. Diciam quì intanto, che non fa ne anche bisogno di due armature messe appostatamente al nervo, potendo bastare una sola, es. gr. di laminetta di stagno; purchè vengasi questa a toccare in sul confine con un capo dell' arco conduttore, es. gr. con un filo d' ottone o con altro metallo diverso da quello di essa armatura, come una moneta d' oro o d' argento, un cucchiajo ec. vengasi, dico, a toccare sul confine, in guisa cioè che tal metallo, od arco conduttore tocchi a un tempo il lembo, ossia parte

dell' armatura, e alcuni punti del nervo nudo; il che poi viene ad essere un equivalente delle due armature dissimili già dette (§. preced.), e prossime l'una all' altra. Il Sig. Galvani ha pur notata questa circostanza dell' eccitarsi più facilmente le convulsioni se tocchisi col filo metallico il lembo dell' armatura, e insieme alcuni punti della parte nuda; ma ne ha recata tutt' altra ragione. Quella però, che noi diamo quì riportando tutto al giuoco non anco ben inteso delle *armature dissimili*, ma stabilito, quanto al fatto, con ogni genere di prove, è la sola coerente a tante altre sperienze di questo genere, come meglio mostrerassi in seguito: con essa una folla di fenomeni ed eventi che sembrano capricciosi, tante apparenti anomalie rientrano nell' ordine; cioè riduconsi facilmente a certe leggi.

§. 61. Ritornando alla somma facilità, onde eccitansi vivamente i nervi, e i nervi soli, per qualsiasi picciola corrente di fluido elettrico, che li invada, intendiamo ora meglio perchè preparata la rana al modo del Sig. Galvani, cioè lasciata la sola comunicazione tra le gambe e la spina dorsale dei nervi crurali diligentemente snudati, si risenta ella cotanto, e le dette gambe si convellano per un' elettricità prodigiosamente debole, sia artificiale, sia propria animale: per una carica di Leyden es. gr. che arriva appena a 2 o 3 50^{m} di grado del mio elettrometro a paglie sottili (§. 44.): laddove lasciandola intiera si contraggono appena gl' istessi muscoli delle gambe per una carica 50 volte più grande, cioè di 2 o 3 gradi del detto elettrometro

(§. 38). Per quello è dei muscoli di esse gambe, son pur questi investiti egualmente dalla corrente di fluido elettrico, che passa fino all' estremità dei piedi, egualmente, dico, tanto se la rana sia intiera, quanto se sia preparata nella suddetta guisa: e che importa, infatti che esse gambe tengano alla spina del dorso per i soli nervi crurali? Tutta la corrente qual ella è non passa infine per detti muscoli? Anzi è credibile, che vi passi più rapidamente allorchè l' animale è intiero, di quando lasciati i soli nervi crurali di comunicazione tra la spina, e le gambe il tragitto si dee fare per questi soli angusti canali, i quali non essendo perfetti deferenti, non possono che ritardarlo. Ma per ciò appunto, che passa ristretto, e con qualche difficoltà il fluido elettrico ne' soli filetti nervosi, e fa urto contro di essi, perciò è, che tanto più vivamente li stimola di quello farebbe, se soli quelli non si trovassero a dargli passaggio, se non si fossero tolti via tanti altri deferenti, muscoli, membrane, vasi, umori, se in breve lasciati si fossero e lombi e ventre alla rana con tutti i suoi visceri e integumenti; nel qual caso scorrendo il fluido elettrico per tante strade, e molto minore quindi essendo la porzione di esso, che investirebbe i nervi crurali involti tra tante altre parti, molto meno verrebbero essi stimolati, nè già più sensibilmente, se non per una forza elettrica proporzionalmente maggiore.

§. 62. Anche questo dunque ci conduce a credere, che sopra i nervi si eserciti *primariamente* l' azione stimolante del fluido elettrico, che tra-

scorrendo gl' investe: effetto *secondario* del quale eccitamento de' nervi sia il moto de' muscoli, che ne dipendono (§. 50). Ad appoggiare la qual sentenza, diversa da quella del Sig. Galvani, che noi pure adottata avevamo da principio, e che riguarda piuttosto il fluido elettrico come lo stimolante proprio de' muscoli, l' eccitatore immediato della loro irritabilità; oltre le già recate prove, molti altri argomenti concorrono tratti da nuove sperienze, e scoperte da noi fatte in questi giorni, di cui non è ancora quì luogo di parlare.

§. 63. Mi si obietteranno forse quelle altre mie sperienze già annunciate verso il fine della Memoria precedente (Mem. I. §. 43. segg.), con cui senza mettere a nudo i nervi, senza portar via gl' integumenti senza talvolta neppure tagliar la pelle, eccito nell' animale intiero e intatto, col solo applicargli le convenienti armature metalliche, e stabilire tra queste una comunicazione mediata od immediata, delle convulsioni e scosse in tutte le sue membra. Quì pare che sian piuttosto i muscoli, che i nervi quelli su cui agisce direttamente il fluido elettrico, che si trasporta dall' uno all' altro luogo: massime poi osservandosi che riesce assai meglio l' esperienza, cioè le convulsioni e moti muscolari succedono molto più forti, ove le armature siano applicate ai più forti muscoli, e questi siansi snudati per applicarvele immediatamente.

§. 64. Ma forsechè non vi sono ramificazioni nervose in ciascuno di quei muscoli? Forsechè sfuggir possono la puntura, dirò così, elettrica? Io ho bene

mostrato quì sopra (§. 55. segg.), che un pezzo di nudo nervo, senza fibra muscolare, venendo attraversato, e quindi stimolato da una picciola corrente elettrica, eccita le convulsioni e moti del membro a cui comanda, senza che ai muscoli di questo giunga tal corrente; ma sfido chiunque a provarmi, che allorchè una simile corrente di fluido elettrico pervade un muscolo, od anche solo una parte di esso, non ferisca alcuno dei filetti nervosi, che vi sono sparsi. Che se dimostrare ciò non si può, riman salva ed inconcussa la mia proposizione, che i nervi sian quelli, che vengono eccitati da detto fluido elettrico trascorrente.

§. 63. Ma v' è dipiù: mentre voi che mi obiettate cotali sperienze, e state per l' azione immediata di esso fluido sopra le fibre muscolari, non potete ridur la cosa al punto, che ferendo egli queste sole, e nascendone la contrazione sia evidente e sensibile cotal sua azione immediata, onde resterà sempre almeno dubbio se una debole corrente elettrica, qual' è quella di cui si tratta, sia da tanto, io sì, che con esperienze dirette, di cui mi riservo a parlare sull' ultimo, vi renderò sensibile e manifesta, sensibile agli organi vostri medesimi (eh! diciamolo pur quì di passaggio) sensibile alla lingua, e però ai nervi, giacchè di questi è il sentire, non solo la corrente di fluido elettrico, che sgorga in forma di pennoncello, e produce il noto venticello fresco sulla punta de' conduttori elettrizzati, ma ben anche quell' altra corrente invisibile dell' istesso fluido, a cui si dà luogo colla sola applicazione

delle convenienti armature metalliche, che poi si fanno tra loro comunicare. Con non altro artifizio che questo di applicare alla punta della lingua una lamina di stagno o di piombo, lucida e netta, e posare sul mezzo della lingua medesima una moneta d'oro o d'argento, una scatola d'argento od un cucchiajo, e far quindi toccare il manico di questo cucchiajo o scatola, oppure la moneta alla lamina di stagno o piombo, contro cui preme la punta della vostra lingua, con non altra operazione, dico, che questa, gusterete l'istesso sapore acidetto, che vi si fa sentire sulla lingua quando l'opponete al tenue fiocco e venticello di un conduttore elettrizzato artificialmente a tale distanza che non iscocchino scintille. Anche quì dunque il trascorrimento del fluido elettrico occasionato da parte a parte della lingua, mercè la semplice applicazione di due metalli, e indotta comunicazione de' medesimi, eccita l'istessa istessissima sensazione, l'istesso sapor acido nè già debole, ma anzi vivo; e niuna contrazione, niun altro moto in essa lingua pur cotanto mobile ed irritabile: il che è ben bastante a provare, che le papille nervose, non le fibre muscolari della medesima, son quelle che vengono immediatamente affette nell'un caso o nell'altro dal fluido elettrico, che penetrando la vellica e stimola dolcemente.

§. 66. Così è: in tali prove non sono i *nervi del moto*, che di tali non ve n'ha sulla punta, e in tutta la parte anteriore della lingua, ma i *nervi del senso*, che vengono stuzzicati dal fluido elettrico; e però nasce nella lingua la sensazione di sapore, non

nascono le convulsioni e moti, di cui pure è suscettibile essa lingua, ma per l'azione di altri nervi, che s'impiantano nella sua radice. Ad eccitar dunque cotali moti e contrazioni delle fibre muscolari della lingua, ho tosto pensato che conveniva portare l'azione elettrica sopra quella parte; e fatta in conseguenza la prova di strappare l'intiera lingua ad un'agnello, ed armarne uno de' principali nervi della radice, oppur anche solamente la prossima carne viva, e d'applicare un'altra armatura verso il mezzo della lingua medesima, riunitele poi ambedue col mezzo di un arco conduttore, ottenni le aspettate convulsioni.

§. 67. Si fa dunque manifesto, che quale è il nervo stimolato, quale la sua natural funzione, tale è l'effetto, che corrispondentemente ne siegue, di sensazione cioè, e di moto, allorchè quella virtù nervea è messa in esercizio dal fluido elettrico che fa incursione; e che quindi il giuoco de' muscoli, le contrazioni ec., sono un effetto immediato di quest'azione nervosa, non già del fluido elettrico, come ci siam argomentati di provare dal §. 50. fin quì, e tutto il seguito delle nostre sperienze andrà maggiormente confermando. Che se fossero i muscoli disposti a risentirsi a dirittura, se quel picciolissimo trascorrimento di fluido elettrico, di cui si tratta potesse irritarli immediatamente, perchè non avrebbero a convellersi tutti que' muscoli che godono dell'irritabilità, e sono suscettibili di convellimento e di moto, stuzzicandoli tale debole corrente di fluido elettrico, perchè, dico, non avreb-

bero a convellersi anche dove non son presenti nervi, o que' tali nervi, che la Natura ha destinati per il moto? Ma nò: quella debolissima corrente, di cui si tratta (giacchè non abbiamo ora in vista le scariche forti artificiali, atte a produr scintille ec., le quali come si è già accennato (§. 53.) potrebbero benissimo convellere i muscoli anche senza l' intermedio de' nervi), basta ad eccitare la sensibilità de' nervi, e a metterne in giuoco l' azione; non basta di per se sola ad eccitare l' irritabilità de' muscoli che si contraggono.

§. 68. Conseguentemente anche quando si eccitano le convulsioni e moti, più o men violenti nelle membra delle rane, e d' altri animali vivi e intieri, sia colle scariche elettriche artificiali molto deboli, come abbiam descritto in principio della presente Memoria, sia colla semplice applicazione delle convenienti armature metalliche, e indotta comunicazione tra loro, nella maniera cioè indicata sul fine della Memoria precedente, e ricordata pur anche quì (§. 63.) non sono i muscoli, come ho creduto per qualche tempo, bensì i nervi sparsi per entro ad essi e coperti, che vengono primariamente affetti; e la forza nervosa così eccitata è poi dessa che mette in giuoco i muscoli, come ora sostengo. Però osservasi che corrispondono, e i luoghi e la maggiore, o minor grandezza di questi moti muscolari, e la maggiore o minor facilità di eccitarli, alla maggiore o minor vicinanza delle armature a nervi, che reggono queste o quelle membra. In conseguenza la pelle e gli altri integumenti, se

non impediscono (e sì che in alcuni animali, cioè quadrupedi, uccelli ed altri, impediscono a segno che conviene assolutamente levarli, almeno in parte, come tra poco spiegherò), se non impediscono, dico, del tutto, nuocciono alla riuscita dell' esperienze; ed anche tolti via questi integumenti fino a scoprire la viva carne, non è mai che si eccitino con tutte le migliori armature nè sì facilmente, nè sì forti le convulsioni de' muscoli, come denudando ed isolando i respettivi nervi alla maniera di Galvani.

§. 69. Non è che non siano abbastanza grandi, e molte volte strepitosi i movimenti eziandio negli animali assoggettati in questa mia nuova maniera intieri alle sperienze; nè che difficile sia di ottenerli, che anzi è facilissimo. Facili sì a farsi sono tali sperienze, più che alla solita maniera del Sig. Galvani, quanto alla preparazione, non occorrendo alcuna dissezione dell' animale; e tanto più belle riescono e piacevoli. Ma quanto alla facilità di entrar in convulsione i muscoli, e alla forza delle convulsioni medesime, questo mio metodo la cede d' assai a quell' altro primo di denudare i nervi; e ciò che merita particolar riflessione è, che si ricercano quando si lasciano i nervi coperti quattro condizioni per il successo dell' esperienze, nessuna delle quali è assolutamente necessaria allorchè si sono snudati e isolati i nervi.

§. 70. La 1.ª condizione è, che si tocchi l' animale intiero in due luoghi con non altri conduttori che metallici: laddove preparata es. gr. la rana in

guisa, che le gambe tengano per i soli nervi crurali alla spina del dorso, si possono nei primi momenti, mentre cioè sussiste in pieno vigore la vitalità, eccitare le convulsioni toccando con una mano i piedi, e coll' altra mano ed anche con un più imperfetto conduttore, come legno, avorio ec., la spina dorsale o i nervi.

§. 71. La 2.[a] che un tal doppio contatto metallico si faccia, per l' animale intiero, in ambedue i luoghi sopra non tanto picciola estensione, ovvero che sianvi applicate a dovere due armature metalliche. Può veramente bastare anche una sola, se all' altra supplisca la testa dell' arco conduttore abbastanza larga, perchè tocchi in più punti. Or tali armature o contatto ampio dell' arco conduttore, sebben giovino assai anche per l' animale, cui sonosi snudati i nervi, non sono però necessarie, finchè almeno mantiene la sua vitalità discretamente forte.

§. 72. La 3.[a] condizione che dette armature siano di metalli diversi, una cioè di stagno o piombo, l' altra d' argento o d' oro, d' ottone o di ferro. Questa diversità di metalli richiedesi assolutamente, o se sono ambedue le armature dell' istesso metallo, che almeno sia molto differente la maniera onde sono applicate, una essendo es. gr. di foglietta d' argento ben aderente, e come incollata alla parte, l' altra di lamina parimente d' argento, ma non flessibile, piuttosto scabra che liscia, come una moneta ec. In ciò si può dire, consiste tutto l' artificio, onde eccitare a nostra posta le con-

vulsioni nell' animale intiero : vuol essere un' armatura di metallo tenero, cioè piombo o stagno, l' altra d' un altro metallo qualunque; però meglio di tutti riesce l' argento e l' oro, e non molto bene il rame e il ferro. Nell' animale all' incontro preparato collo snudarne i nervi, siccome non è assolutamente necessaria alcuna armatura (§. prec.), così applicandovene, od una sola od amendue dell' istesso metallo, e perfettamente eguali, es. gr. due monete d' argento, o due fogliette di stagno, possono tuttavia ottenersi i soliti moti e convulsioni, finchè non sono molto illanguidite le forze vitali : giacchè quando lo sono, convien ricorrere anche quì alle armature *dissimili*, o per diversità di metalli, o almeno per differente foggia di applicazione (*a*).

(*a*) Il Sig. Galvani notò ancora egli, che la diversità de' metalli influisce molto, talchè succedono e più facilmente, e più veementi le convulsioni, se essendo ferro od ottone quello che tocca i muscoli, sia stagno od argento l' altro, che tocca i nervi della rana preparata alla sua maniera.

» Illud praeterea (così egli alla pag. 21) peculiare » atque animadversione dignum, languentibus potissimum » praeparatorum animalium viribus, circa conductores ar- » cus aut deferentia plana contigit nobis saepissime obser- » vare, variam nempe eorum ac multiplicem metallicam » substantiam cum ad obtinendas, tum ad augendas con- » tractiones musculares multum posse, et quidem longe » magis, quam una eademque metallica substantia. Ita » ex. gr. si arcus totus ferreus fuerit, aut ferreus uncus, » et ferreum item planum deferens, saepe saepius aut de-

§. 73. Finalmente la 4.ª condizione richiesta è che non solamente sia metallo quel che tocca im-

---

» ficient contractiones, aut erunt perexiguae. Si vero
» eorum alterum ferreum ex. gr. fuerit, aereum alterum,
» multo magis si argenteum (argenteum enim prae cae-
» teris metallis ad deferendam animalem electricitatem
» visum est nobis idoneum) contractiones continuo, et
» longe majores et longe diutius prodibant. Idem contigit
» una eademque cohibentis plani superficie, duobus ab
» invicem disjunctis locis, folio pariter metallico, sed
» dissimili obducta, ut scilicet si uno in loco stamni fo-
» lium adhibeas, in altero aurichalci, contractiones ut
» plurimum longe majores contingant, quam si uno eo-
» demque metallo, ac folio, argenteo licet, fuerit uterque
» locus obductus, seu ut inquiunt armatus ».

L' istessa cosa ripete il lodato Autore in altri luoghi della sua Opera. Alle sue osservazioni son dunque conformi le mie; e solo notano questo dipiù, che se nell' animale preparato alla sua maniera sono men forti le convulsioni, e mancano sovente, ove le armature siano simili, e dell' istesso metallo, nell' animale intiero alla mia maniera, o in cui ho snudati soltanto i muscoli, sicchè i nervi rimangano a lor luogo coperti, mancano del tutto e sempre: che se pur si abbia talora qualche picciol moto, egli è probabilmente perchè o non sono perfettamente dell' istessa sorte i due metalli, comunque portino egual nome, differenziandosi per qualche diversa lega per essere più o men battuti e compatti, o perchè differiscono molto le loro superficie, essendo una più o men liscia e monda, più o men combaciante dell' altra ec.

Ho poi cercato di conoscere meglio quale diversità di metalli favorisca più la riuscita dell' esperienza, cioè ecciti più forti convulsioni nell' animale, e più facilmente; ed ho

mediatamente la carne viva (§. 70.), ma tutt' intiero l' arco conduttore sia metallico. Che se interrotto venga non che da un coibente, o da un cattivo deferente, come da una sottil carta, ma fino da uno strato d' acqua, che è pur conduttore bello e buono, avvegnachè ceda di molto ai metalli, l' effetto delle convulsioni manca nell' animale intiero, conforme già indicato abbiamo, e spiegato sul fine della Memoria precedente: laddove non lasciano di eccitarsi le contrazioni, e spasmi ne' muscoli, i cui nervi sonosi snudati, e preparati, nè per tale inter-

---

trovato che si possono comodamente partire essi metalli in tre ranghi, ponendo nell' inferiore lo stagno e il piombo, nel medio il ferro, il rame, l' ottone, e nel superiore il mercurio, l' oro, l' argento e la platina. Così poi giova più di tutto contrapporre ad uno dell' inferjor rango, cioè al piombo o stagno, uno del rango superiore, oro od argento, e massime quest' ultimo. Quelli del rango medio, ferro ed ottone, fanno discretamente bene contrapposti anch' essi allo stagno e piombo; ma meno che l' argento e l' oro; meno poi ancora se contrappongansi a questi: onde appare che detti ferro ed ottone, e così il rame, che abbiam posti nel rango medio, assai più si accostano al superiore che all' inferiore, nel qual ultimo rimangono soli, e per molto intervallo separati, i due metalli teneri piombo e stagno. Le picciole differenze tra i metalli dell' istesso rango, come tra argento ed oro, tra ferro e ottone, tra piombo e stagno, non ho potuto peranco bene determinarle, nè assegnare il posto agl' altri così detti semi-metalli, cioè ai regoli di zinco, di antimonio, di bismuto ec. le quali ricerche che non sono altronde della maggiore importanza, riserbo a migliore opportunità.

posizione dell' acqua a mezzo dell' arco conduttore nè per l' interposizione di una carta, o panno, o cuojo soltanto umido, e neppure se entrino nel *circuito* una o più persone, e fino il pavimento, e le tavole, fintantochè però è in pieno vigore la vitalità, come abbiamo fatto osservare già nel primo prospetto, che abbiam presentato delle sperienze del Sig. Galvani, e delle nostre pur anche.

§. 74. Da tutto questo può rilevarsi abbastanza quanto più facilmente siano eccitabili le contrazioni de' muscoli, se i nervi, che vi metton capo vengano snudati ed isolati, che se rimangano coperti dalle carni ed altri integumenti, e fin dalla pelle dell' animale intiero ed intatto. Intorno alla qual pelle, e integumenti debbo pure far vedere quale ostacolo pongano anche questi all' eccitamento delle convulsioni, e sperimentandosi col metodo di cui ora si tratta.

§. 75. Nelle rane adunque, nelle anguille ed altri pesci a cui, prima che agli animali di sangue caldo, ho estese queste sperienze, gl' integumenti non tolgono d' ordinario che la prova riesca molto bene, se non è che la pelle trovisi troppo asciutta; nel qual caso basta umettarla alquanto. Non così nei quadrupedi ed uccelli, che ho potuto fino ad ora cimentare: con questi non mi è riuscita l' esperienza lasciando del tutto intatti i loro integumenti; ma ho dovuto levarne via qualche parte, almeno in quei siti, a cui volea applicare le armature. Sembra pertanto, che la grossezza di tali integumenti, e la poca loro conducibilità, intervenendovi massima-

mente la pinguedine, sia d'impedimento a quel celere e libero trasporto di fluido elettrico, che richiedesi per far impressione sui nervi, e stimolarli a segno, ch'essi poi suscitino le contrazioni de' muscoli; e che perciò manchino cotesti moti finchè detti integumenti son frapposti ad essi muscoli, e alle rispettive armature. Convien dunque levarli intieramente o in massima parte, ne'luoghi destinati per queste: convien che s' applichino le superficie metalliche ai nudi muscoli, ossia alla viva carne.

§. 76. La maniera da me praticata, che corrisponde meglio, fu d' incidere la pelle agli uccelli e quadrupedi (*a*) tutt' al luogo della schiena, e rovesciarla indietro dai lati, e di vestir indi la nuda carne, colla solita foglietta di stagno: d' incidere similmente e snudare qualche altro muscolo, es. gr. di una gamba, e applicarvi una moneta od altra lastra d' argento. Ciò fatto non è più bisogno d' altro, per veder nascere le valide contrazioni, i moti e sbalzi di quella gamba, se non di fare che comunichino una coll' altra tali armature metalliche, o immediatamente venendo ad un mutuo contatto, o per mezzo di un terzo metallo.

§. 77. Anche le salamandre, e le lucertole mi è convenuto quasi sempre scorticarle, in tutto o in parte: senza di che, con tutte le migliori armature,

---

(*a*) L' esperienza l' ho ora stesa anche ai grandi animali, a Montoni, Vitelli ec., ne' quali riesce non men bene che nei piccioli e mezzani.

o mancava l'effetto delle convulsioni od erano poco rimarcabili.

§. 78. Per le rane, sebbene scorticate diano in più forti convulsioni, e assai più facilmente, si può anche averne l'effetto, come già ho dichiarato (§. 75), lasciandole con tutta la pelle (la quale è sottilissima umida, e veste immediatamente i muscoli più umidi ancora) intiera e intatta, se la foglietta di stagno soprattutto è ben applicata, e coll'armatura, es. gr. la moneta d'argento, applicata dove si sia, si prema alquanto contro la parte. Lo stesso è presso a poco anche delle biscie, almeno del serpente chiamato volgarmente *Smiroldo* uno de' quali molto grande ho avuto occasione di assoggettare alle prove.

§. 79. I pesci anch'essi, su cui ho fatte simili sperienze, han corrisposto così colla pelle intiera indosso; raschiate le squame han dato qualche maggior segno; ma levata loro la pelle non mi sembrò che acquistassero maggior attitudine ad essere scossi; che anzi le anguille mi è parso, che diventino meno suscettibili: le anguille dico, che vestite di tutta la loro pelle se si muniscano delle convenienti armature metalliche (intendasi sempre *dissimili*, come si è spiegato (§. 72)), massime vicino alla coda, si contorcono, e guizzano a meraviglia, al momento che si stabilisce la comunicazione tra dette armature.

§. 80. Or poichè notate si sono le condizioni tutte richieste, e varie circostanze più o men favorevoli alla riuscita delle sperienze di questo ge-

nere, che han per oggetto cioè di eccitare le convulsioni in qualsisia animale vivo e intiero, e sì nelle rane, nelle anguille ec. senza incisione alcuna neppur della pelle, non che senza denudarne i nervi, piacemi di descrivere queste sperienze un poco più particolarmente, onde possa ciascuno ripeterle con facilità e sicurezza dell'esito. Prendo dunque un'anguilla tal qual è, ed applico ad una parte qualunque del suo corpo una foglietta sottilissima di stagno, di quelle cioè dei battilori, che si tengon frapposte alle carte di certi libretti, e che servono per inargentare a falso: applico, dico, questa foglietta di stagno dove mi piace, sulla testa, sulla schiena, al ventre, ai fianchi, alla coda dell'anguilla, e di quella lunghezza e larghezza che più mi piace, in modo che vi si adatti bene, come fossevi incollata. Così armato l'animale, o vestito di un pezzo di camicia metallica ben aderente, lo pongo a giacere dal lato opposto non vestito sopra un piatto d'argento. Invece del piatto può servire egualmente bene anche un lastra non molto larga, come un cucchiajo, una moneta; ma conviene allora, che tal lastra piccola sia posta sotto all'anguilla in guisa, che corrisponda all'armatura superiore, cioè alla foglietta agglutinata, o poco almeno ne disti (*a*). Così disposte le cose,

---

(*a*) Nelle anguille, ne' serpenti siccome in molti vermi e insetti, la direzione de' nervi e de' muscoli è più trasversale e circolare, che longitudinale, ossia viene in mas-

basta toccare con una chiave, con un filo d' ottone
con un altro cucchiajo, o moneta, con un pezz
insomma qualunque di metallo, purchè sia netto
mondo, il piatto o la lastra d' argento che stà sotto
e insieme la foglia o veste di stagno, cui tiene in
dosso la nostra anguilla, basta anche, senza altr
metallo intermedio che faccia officio di arco condut
tore, far sì che vi supplisca l' istessa lastra o cuc
chiajo o moneta che sia, avanzandola, ed inclinan
dola tanto, che giunga a toccare a dirittura dett
veste di stagno, per rendere all' istante l' anguill
convulsa, per vederla corrugarsi, contorcersi, inar
carsi, erigere e vibrar le pinne, in tutta quell
parte di corpo massimamente, che trovasi tra i li
miti dell' una e l' altra armatura. Bello è osservar
come, se questa parte di corpo comprende la testa
o il collo, si gonfia questo, si alza quella, e l
bocca s' apre e si chiude a vicenda, ogni volta ch
si viene all' indicato toccamento. Che se tutta l
schiena, o tutto il ventre dell' anguilla, dal cap
fino alla coda, o tutto un fianco si vesta di fogliett
di stagno non interrotta, e bene agglutinata, e
essa anguilla poi giaccia col lato nudo tutto al lung
sopra un bacile d' argento, allora all' istante che s

---

sima parte ristretta dentro ai confini di certe fascie,
anelli. S' intende quindi facilmente perchè debbano en
tro ai medesimi confini corrispondersi le due armatur
nell' anguilla, se hanno pure ad eccitarsi le contrazion
muscolari.

a la comunicazione in uno de' modi indicati tra l'inferiore e superiore armatura, tra il piatto cioè d'argento e la foglietta di stagno, tutto l'animale si convelle e divincola fortemente.

§. 81. Per la rana ancora sono le cose presso a poco eguali, in quanto che può applicarsi la camicia di stagno, o tutt' al lungo del ventre, o tutt' al lungo della schiena, oppure a parte solamente di quello o di questa, o all' uno o all' altro fianco, e può applicarsi eziandio ad una coscia o gamba. Per essa rana poi non occorre del gran piatto, e basta in ogni caso la lastretta d'argento, il cucchiajo, o la moneta, quali non è neppur necessario, come nell' anguilla, di apporre al lato opposto e corrispondente della veste di stagno, nè ad essa vicino. Se così si fa succedono a dir vero più forti le convulsioni, o moti; ma anche ponendo dall' istesso lato, su' piedi es. gr., o sulle coscie la moneta, o il manico del cucchiajo, quando son vestiti di foglietta di stagno, o i lombi, o la schiena, o gli omeri, non lasciano, al momento che si stabilisce la comunicazione tra le due armature, di convellersi i muscoli delle coscie, e di vibrarsi le gambe. Così anche se una coscia o gamba porti la sottil veste di stagno, e sovra l'altra coscia o gamba compagna posi al luogo medesimo la moneta, o il manico del cucchiajo, convellerannosi, indotta la comunicazione, e guizzeranno ambe le gambe.

§. 82. Comincia dunque già a differenziarsi la rana dall' anguilla in ciò, che anche posta l'armatura d'argento in parte non corrispondente, e

quanto si voglia lontana dalla veste o foglietta di
stagno aderente, han luogo nulla di meno le con-
vulsioni e spasmi, nè già parziali, bensì di tutto o
quasi tutto il corpo.

§. 83. Ma quello, che più la differenzia ancora
è una assai più decisa corrispondenza tra muscoli e
nervi; e tale, che quelli dei muscoli si convellono
più fortemente, che ricevono più nervi, e più dav
vicino da quella parte del corpo, cui si è posta un
delle armature, quantunque non a questi, ma bene
ad altri muscoli trovisi applicata l'altra. Così es. gr
se al confine del dorso e sopra i reni, al luogo cioè
ove trovansi poco sotto la pelle i grossi nervi cru
rali, sia applicata e fatta bene aderente la fogliett
di stagno, convelleranno e balzeranno le gambe
quando anche l'altra armatura, la lastra d'argent
o moneta (tra cui si viene poi a stabilire la comu
nicazione) sia applicata al ventre, al petto, alla te
sta: se la detta laminetta di stagno sarà incollat
sopra il mezzo della schiena, entreranno in grande
spasmo i muscoli del ventre e dei fianchi: se sopra
gli omeri, i muscoli del petto, e le zampe davanti
il collo e la testa; a qualunque parte stia altronde
applicata la moneta, il cucchiajo, o lastra d'argento

§. 84. Dicendo che convelleranno specialment
i muscoli retti da quello o quei nervi, che trovans
vicini ad una delle armature, quantunque nè sopra
nè appresso essi muscoli, ma in tutt' altro luogo sia
applicata l'altra armatura, non voglio già far inten-
dere, che non se ne risentano i muscoli immediata-
mente coperti dalle armature medesime, e i confi-

nanti; che anzi son questi d'ordinario, che più vengono commossi. Del resto anche negli altri muscoli tutti, o quasi tutti, si osservano tremori, palpiti, convulsioni spasmodiche, se la rana è molto vivace, se la si è snudata della pelle, e se l'armatura di foglietta di stagno sta bene applicata al luogo della spina dorsale, e tutt' al lungo della medesima, di là essendo che diramansi tanti nervi a tutte le parti. Che se poi concorra ogni circostanza a determinar l'azione sopra un tal membro, sopra tali muscoli, se la lastra d'argento trovisi in contatto, o prossima a quegli stessi muscoli, che ricevono più nervi e più davvicino dalla parte del corpo, cui sta incollata la foglietta di stagno, se tal veste essendo sovrapposta es. gr. ai lombi, ove trovansi i nervi crurali, la moneta o il cucchiajo d'argento stia sopra o sotto le coscie o le gambe, tutto allora cospirando a produrre l'effetto maggiore, si avranno le più strepitose convulsioni, de' guizzi e salti prodigiosi di coteste gambe: così se sia una armatura applicata sopra la spina dorsale e l'altra sotto al ventre, entrerà questo, e i fianchi nelle maggiori convulsioni spasmodiche, e così i muscoli del petto, le zampe davanti, se contigua o prossima abbiano una delle armature ec. Fa poi stupore il vedere come la stessa spina dorsale s'incurva ripiegandosi indietro, e si tende, e il collo anch' esso.

§. 85. Si può già comprendere da quello, che son venuto accennando, in quante maniere ho variate queste sperienze; ma si comprenderà ancor meglio se dirò, che ho fatto delle prove ancora con

diversi pezzi di fogliętta di stagno applicati a un tempo stesso a varie parti del corpo della rana, e fra loro divisi da più, o men grande intervallo; formanti così altrettante distinte armature tutte eguali, e dell' istesso metallo, ponendo poi l'altra armatura di diverso metallo, cioè la moneta, il cucchiajo, od altra lastra d' argento, in contatto or d'una, or d' altra parte del lato nudo dell' animale, e provando tutte le combinazioni dei toccamenti, quando immediati tra questa armatura d' argento, e l' una o l' altra di quelle di stagno, quando mediante un terzo metallo che facesse officio d' arco conduttore. Applicava talvolta cinque o sei pezzi di foglietta di stagno, uno sulla testa, sul collo l' altro, il terzo sulle spalle, sul mezzo della schiena il quarto, il quinto sopra l' osso sacro, e il sesto su di una coscia, e posta la moneta o la coda del cucchiajo d' argento, inprima sotto la mascella e la gola, ed applicato ad essa moneta o cucchiajo un capo di fil metallico, ne portava l' altro capo una, due, tre volte in contatto di ciascuna di quelle vesti separate, o scudetti di foglia di stagno, per vedere quali fossero i muscoli, che più si contraevano in ciascuna prova: poi faceva passare la moneta sotto il petto, e ripetea gl' istessi toccamenti, cioè sopra tutte le cinque, o sei vesti, od armature suddette, facendo le stesse osservazioni: indi ancora da capo avanzata la moneta sotto il ventre; poi sotto l' una; poi sotto l' altra coscia; e infine sotto i piedi: da ultimo ripigliava tutti i cinque, o sei toccamenti, posata la rana sul suo ventre, con testa e gambe distese tutt' al

lungo di un piatto, o lastra d'argento. Son queste già più di 40 combinazioni. Ma ne ho tentate ancora molte altre, vestendo di varj scudetti di foglia di stagno il ventre, i fianchi ec., applicando una o più fascie circolari di tal laminetta attorno a varie parti del corpo a forma di cintura; e inducendo poi la comunicazione d'una o d'altra di tali fascie colla moneta, o lastra d'argento qual si fosse, applicata a questa e a quell'altre parti del corpo: con che ottenni sempre (se i contatti metallici si facean a dovere, com'è necessario in tutte queste sperienze) le convulsioni de' muscoli nelle parti rispettive.

§. 86. Nelle sperienze fino ad ora descritte è sempre stata l'una armatura di foglietta di stagno incollata ad una parte dell'animale, l'altra di grossa lamina d'argento nulla o poco flessibile, posta semplicemente in contatto d'altra parte. Or debbo dire, che è poi lo stesso adoperando al rovescio, cioè applicando in un luogo una foglietta pieghevole d'argento o d'oro fino, e in un altro una lamina soda di stagno o di piombo; oppur anche applicando quì e là delle fogliette sottili, che s'adattino egualmente, ma di stagno o di piombo le une, le altre d'oro o d'argento, e si anche di orpello. In somma è la diversità de' metalli, che fa: intorno a che abbiam già fatto osservare quello ch'è più essenziale (§ 72 e nota ivi), e verrà in altro luogo occasione di trattenersi più a lungo, cercando di trovarne, se sia possibile, la ragione.

§. 87. Abbiam pure altrove indicato (§. 60), come, ritenuta questa diversità di metalli, può tra-

lasciarsi una delle armature, e supplirvisi mercè il toccare a un tempo stesso il lembo dell' unica armatura, es. gr. della fogliatta di stagno, e alcuni punti della parte nuda, coi due capi dell' arco conduttore, ed anche coll' istesso capo, es. gr. coll' istessa faccia della moneta d' argento o d' oro, colla coda del cucchiajo ec. In quest' ultima maniera eccitansi d' ordinario delle contrazioni spasmodiche ne' soli muscoli contigui, ed aggiacenti, e talora in alcune fibre solamente; ma spesso anche se ne risente tutt' un membro, una gamba, es. gr. che si scuote e balza.

§. 88. Passerci ora a descrivere le sperienze di questo genere fatte anche esse in gran numero sopra altri animali, massime sopra quelli a sangue caldo, quadrupedi, ed uccelli, già accennati (§. 75), se lo credessi necessario, o molto utile; ma come è facile il fare l' applicazione di ciò che si è fino ad ora mostrato anche a questi animali, avuto soltanto riguardo alle differenze nella struttura, e nell' economia animale, differenze non molto grandi, perciò che riguarda la sensibilità de' nervi, ed irritabilità de' muscoli; non mi tratterrò lungamente intorno a tali prove; e dirò solo in generale, che i resultati sono presso a poco eguali, cioè che si eccitano le istesse convulsioni e spasmi ne' muscoli, gl' istessi moti nelle membra di codesti animali, cogli stessi artificj delle *armature dissimili;* che in complesso si osserva l' istessa dipendenza de' muscoli dai nervi, venendo quelli commossi a norma, che sono influenzati da que-

sti; che i muscoli ancora, o contigui o vicini alle armature sono i più affetti; e che la sola rimarcabile differenza negli animali grandi è, che ove trovinsi molto discoste le armature una dall' altra, soglion essere men gagliardi i moti eccitati, e talora mancano finanche del tutto; massime se trovinsi dette armature applicate a parti fornite di pochi nervi, o troppo coperti, e a muscoli non facilmente suscettibili di moto; se non vi siano bene applicate; se siano non molto *dissimili*, es. gr. una d'oro o d'argento, al solito, l'altra d'ottone o di ferro, invece d'essere di stagno o di piombo (*a*).

§. 89. Lasciando pertanto le sperienze sopra gli animali vivi e intieri, piccoli e grandi, intorno alle quali ci siamo abbastanza trattenuti, con mostrare a parte a parte gli artificj, onde eccitare in varie parti del loro corpo, quando intatto, e quando spogliato, giusta il bisogno, di qualche parte solamente de' suoi integumenti, le *convulsioni*, diciam così, *elettriche*; mi piace di portarmi all'altro estremo opposto, e mostrare come son giunto ad ottenere le istesse convulsioni e forti contrazioni muscolari, non che dagli stessi animali decapitati, o con altre ferite uccisi, quando di fresco e quando delle ore prima; ma da' loro membri recisi, da piccoli pezzi di essi membri, e fino da fram-

(*a*) Veg. il §. 72 e la Nota ivi.

menti e minuzzoli di muscolo minori in mole di un grano di frumento.

§. 90. Tutto l'artificio anche quì si riduce ad applicare le due *armature dissimili;* e quelle che riescon meglio sono al solito la foglietta di stagno, che s'agglutini bene ad una parte del muscolo, ed una moneta o lastra qualsiasi d'argento, che ne tocchi semplicemente un'altra parte. A fare poi la comunicazione fra queste, basta avanzare la lastra o moneta, strisciandola fino al contatto della foglietta aderente; meglio però serve un filo metallico ripiegato, che faccia ufficio di arco conduttore; il quale se sia egli medesimo d'argento, od anche d'ottone, può farsi senza della moneta o lastra, bastando di appoggiare con esso contro una parte nuda del membro e del muscolo, in guisa di toccarla, non in uno, ma in più punti, e di toccare insieme anche la foglietta di stagno. In qualunque modo succeda tal comunicazione de' due metalli applicati a punti diversi, ecco eccitarsi i tremori, i palpiti, le convulsioni in quello o quei membri staccati, in quel pezzo di membro reciso, piccolo o grande, che restan compresi tra i due toccamenti, e ne' muscoli ancora comunicanti.

§. 91. Sarebbe troppo lungo se volessi quì schierare e mettere sott' occhio le molte sperienze da me fatte sopra i membri recisi, e pezzi di membri, sopra i singoli muscoli, e pezzi di muscoli, tanto di animali a sangue freddo, quanto ancora di quelli a sangue caldo, e i diversi eventi, secondo che mi studiai di variare le circostanze e gli aggiunti. Ac-

cennerò dunque solo, terminando questa Memoria, già troppo prolissa, due scoperte, che in seguito a tali sperienze ho fatte, non men interessanti che utili. La 1.ª è, che non tutti i muscoli, per quanto siano irritabili, ma quelli soli che obbediscono alla volontà, i muscoli de' moti spontanei si contraggono ed entrano in convulsione cogli artificj di cui si tratta, cioè delle armature metalliche *dissimili;* che però nè gli intestini, nè il ventriglio, nè il cuore, irritabilissimi tutti, massime quest' ultimo, ma destituiti di moto volontario, si convellono punto tentati con tali mezzi; il diaframma sì, poichè gode pur evidentemente di tal facoltà.

§. 92. La 2.ª su cui abbiam già qualche cosa ragionato (§. 65 e segg.) che talvolta, invece delle solite contrazioni e moti muscolari, il tranflusso di fluido elettrico occasionato dalle *armature dissimili* eccita la sensazione propria de' nervi, che trovansi nel luogo affetto: il che accade nella lingua, la quale tentata con tali artificj non si convelle nè molto nè poco, ma sente nella parte sua più delicata, che è la punta, un sapor acido più o men vivo, non diverso da quello, che le fa sentire il fluido elettrico, che spruzza dall' estremità di un conduttore elettrizzato artificialmente.

§. 93. Per ottener ciò conviene, come abbiam già indicato, (ivi) applicare alla punta della lingua, o poco sopra, una lamina di stagno o di piombo ben netta e lucida, e premervela contro con discreta forza; e sopra il mezzo, o ad altra parte

di essa lungua applicare una moneta d' oro o d'argento, un cucchiajo, una scatola, od altra lamina di tal metallo; finalmente addurre le due lamine al mutuo contatto. Per lamina di stagno io prendo sovente un pezzo di carta, così detta, d' argento, che è propriamente carta coperta di foglia di stagno; e la trovo la migliore di tutte; eccetto che non ogni foglio di tal carta, che compero alla ventura, mi riesce egualmente bene: alcuni fogli fanno a meraviglia, tanto che il sapor acido, che vengo a sentire facendo l' esperienza a dovere, è forte sì, che mi riesce quasi insopportabile, altri all' incontro mi eccitano l' istessa sensazione, ma incomparabilmente più debole. Di questa differenza non saprei invero allegare alcuna ragione, se non è la diversa qualità di stagno, la sua lega con altri metalli, l' essere stato più, o men battuto ec. (V. la nota al §. 72).

§. 94. Ella è cosa molto rimarcabile, che questo sapore continua a sentirsi, e va anzi crescendo in vivacità, per tutto il tempo, che i due metalli, stagno ed argento, continuano a star applicati, l' uno alla punta della lingua, l' altro ad altre parti della medesima, e a toccarsi fra di loro, formando un cotal arco conduttore: il che prova che continuo ed incessante sia pure il tranflusso del fluido elettrico dall' uno all' altro luogo.

§. 95. Un' altra cosa non men degna di riflessione è, che facendosi inversamente la prova, cioè applicando alla punta della lingua la lamina d'argento, e più indietro la carta inargentata, o a dir

più giusto stagnata, si sente su detta punta un altro sapore, che non è già acido, ma piuttosto alcalino, acre cioè tirante all' amaro; il quale, sebbene più piccante e rabbioso quando si sente, non si arriva però a sentirlo se non sono le circostanze le più favorevoli, cioè se non si contrappongono appunto argento e stagno, e quest' ultimo ben lucido. Così adoperando la carta stagnata, riesce o non riesce di sentire questo sapore, secondo che incontrasi quella di buona, o d' inferior qualità (§. 93). Egli è pertanto assai più facile di sentire il sapor acido nella prima maniera, che questo sapore acre ed urente in quest' altra; ed è ben quello più decisamente acido, che questo alcalino: per tale invero non ardirei caratterizzarlo. Qualunque però sia, è assai diverso dal primo: e ciò basta ad aprirci grandi viste.

§. 96. Il fluido elettrico dunque messo in moto per la sola applicazione delle armature metalliche, affetta diversamente i nervi, produce sensazioni affatto diverse, se entri o sorta per tali nervi dei sensi. Or entra egli o sorte quando produce sulla punta della lingua il sapor acido? Io m' induco più volentieri a credere che allora entri; e che quando sorte da essa punta vi cagioni l' altro sapore, che tira all' alcalino; ma non posso ancor dare la cosa per accertata. Spingendo poi le congetture più avanti, se il fluido elettrico smosso per un modo, o per l' altro produce per se solo sapori diversi, non potrebbe esser egli la causa immediata d' ogni sapore? Non potrebbe esserlo

delle sensazioni tutte degli altri sensi? Ma non abbandoniamoci ancora a queste idee troppo vaghe: estendiamo piuttosto le sperienze, e fermiamoci alle conseguenze, ed applicazioni immediate delle medesime. Questa è la marcia, che ho tenuta fin quì; e che terrò, ripigliando il filo nelle seguenti Memorie.

ACCOUNT

OF SOME DISCOVERIES

MADE BY M.r GALVANI

OF BOLOGNA

With Experiments and Observations on them.
In two Letters,

TO M.r TIBERIUS CAVALLO F. R. S.

Queste lettere sono state estratte dalle Transazioni Filosofiche Part. 1, 1793, pag. 10.

FIRST LETTER.

Le sujet des découvertes, et des recherches, dont je vais vous entretenir, Monsieur, est l'électricité animale; sujet qui doit vous interesser vivement. Ie ne sais si vous avez encore vu l'ouvrage d'un professeur de Bologna, M.r Galvani, qui a paru il y a à-peu-près un an, avec ce titre; *Aloysii Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae* 1791, in 4.°, de 58 pages, avec quatre grandes planches; ou du moins si vous en avez eu notice. Il contient une des plus belles, et des plus surprénantes découvertes, et le germe de plusieurs autres. Nos journaux Italiens en ont donné differents extraits, entre autres celui du D.r Brugnatelli de Pavie, qui a pour titre, *Giornale Fisico-Medico;* auquel j'ai fourni moi-même deux longs mémoires, qui seront suivis de quelques autres, ayant beaucoup étendu les expériences, et poussé les récherches plus loin sur ce sujet.

Or c'est une esquisse, tant de la découverte admirable de M.r Galvani, que des progrès que j'ai été assez heureux de faire dans cette nouvelle carrière, que je vais vous tracer, Monsieur, dans

cet écrit, que je souhaite que vous présentiez au digne Président de la Société Royale, le Chevalier Banks, pour être communiqué, s'il le croit à propos, à cette savante Compagnie, comme un foible temoignage de ma réconnoissance pour l'honneur qu'Elle m'a fait de m'associer à son corps, et de mon zèle et empressement à repondre à son invitation de lui faire part, de tems à autre, du fruit de mes récherches.

§. 1. Le D.r Galvani ayant coupé et préparé une grenouille, de manière que les jambes tenoient à une partie de l'épine du dos, tronquée du reste du corps, uniquement par les nerfs cruraux mis à nud, vit qu'il s'excitoit des mouvements très vifs dans ses jambes, avec des contractions spasmodiques dans tous les muscles, chaque fois que (ce reste d'animal, se trouvant placé à une distance considérable du grand conducteur de la machine électrique, et dans certaines circonstances, que j'expliquerai ensuite), on tiroit de ce même conducteur, non pas sur le corps de l'animal, mais sur tout autre corps, et dans toute autre direction, une étincelle. Les circostances requises étoient donc, que l'animal, ainsi disséqué, se trouvât en contact, ou très près de quelque métal, ou autre bon conducteur assez étendu, et mieux encore entre deux semblables conducteurs, dont l'un étoit tourné vers l'extremité des dites jambes, ou quelqu'un de ses muscles, l'autre vers l'épine, ou les nerfs: il étoit aussi très avantageux, qu'un de ces conducteurs, que l'auteur distingue par le nom de *conducteur*

des nerfs, et de *conducteur des muscles*, et préférablement ce dernier, eût une libre communication avec le plancher. C'est dans cette position surtout que les jambes de la grenouille préparée, comme on a dit, recevoient de violentes sécousses, s'élançoient et se debattoient avec vivacité à chaque étincelle du conducteur de la machine, quoiqu'il fût assez éloigné, et quoique la décharge ne se fît, ni sur le conducteur des nerfs, ni sur celui des muscles, mais sur un autre quelconque, pareillement eloigné d'eux, et ayant tout autre communication par où transmettre une telle décharge, par exemple, sur une personne placée à l'angle opposé de la chambre.

§. 2. Ce phénomène étonna M.r Galvani, peut-être plus qu'il n'auroit dû faire: car enfin le pouvoir, non seulement des étincelles électriques lorsqu'elles frappent immediatement les muscles ou les nerfs d'un animal, mais d'un courant de ce fluide qui les traverse, de quelque manière que ce soit, avec une suffisante rapidité, son grand pouvoir, dis-je, d'y exciter des commotions, étoit une chose assez connue; d'ailleurs il étoit visible comment, dans cette expérience, et dans toutes celles du même genre rapportées dans la première et seconde partie de son ouvrage, et qui sont représentées dans les deux premières-planches de figures, sa grenouille se trouvoit effectivement exposée à être traversée par un tel courant. On n'a qu'à se retracer l'action très connue des *atmosphères électriques*, ou ce qu'on appelle *électricité de pression*; par la quelle

le fluide des corps *déférents*, plongés dans la sphère d'activité d'un corps électrisé quelconque, est poussé et déplacé, en raison de la force, et de l'étendue, de cette sphère, et entretenu en cet état de déplacement tant que l'électricité dans le corps dominant subsiste, laquelle otée, il revient à sa place des endroits éloignés, peu-à-peu si elle se dissipe petit-à-petit, et en un instant si on la détruit instantanément, en déchargeant tout d'un coup le corps qui en est revêtu. C'est donc ce *courant de rétour*, ce reflux de fluide électrique dans les corps *déférents* contigus à la grenouille, ou proches d'elle, son passage brusque du *conducteur des muscles* au *conducteur des nerfs*, ou *viceversa*, à travers son corps, surtout lorsqu'un tel courant est resserré dans le canal unique et étroit des nerfs, qui excite les spasmes et les mouvements dans les expériences-dont il est ici question. M.r Galvani, qui semble n'avoir pas assez réfléchi à cette action des atmosphères électriques, et qui ne connoissoit pas encore la prodigieuse sensibilité de sa grenouille, singulièrement préparée de la manière susdite, (je dirai ici, que je l'ai trouvée a peu-près égale dans tous les autres petits animaux, comme lézards, salamandres, souris) fut extrémement frappé d'un tel effet, qui ne paroîtra pas si merveilleux à d'autres physiciens. Ce fut pourtant le prémier pas, qui le conduisit à la belle et grande découverte d'une *électricité animale* proprement dite, appartenante non seulement aux grenouilles, et à d'autres animaux à sang froid, mais aussi-bien à tous les ani-

maux à sang chaud, quadrupèdes, oiseaux etc.; découverte qui fait le sujet de la troisième partie de son ouvrage, sujet absolument neuf, et très-intéressant. C'est ainsi qu'il nous a ouvert un champ très vaste, dans lequel nous nous proposons d'entrer, et de poursuivre les recherches, après que nous nous serons arrêté encore un peu sur ces expériences préliminaires qui concernent l'action de l'électricité artificielle, ou étrangère, sur les fibres nerveuses et musculaires.

§. 3. Ce fut le hazard qui presenta a M.r Galvani le phénomene que nous venons de décrire, et dont il fut étonné, je le répete, plus qu'il n'auroit dû être. Cependant qui est ce qui auroit cru, qu'un courant électrique, foible au point de ne pouvoir être rendu sensible par les électromêtres les plus delicats, fût capable d'affecter si puissamment les organes d'un animal, et d'exciter dans ses membres, decoupés une ou plusieurs heures avant, des mouvements, tels que l'animal vivant n'en produit pas de plus forts, comme d'élancer vigoureusement les jambes, de sauter etc. pour ne rien dire des convulsions toniques les plus violentes? Or tel est le courant qui envahit le petit animal couché, par exemple, sur la table, auprès de quelque métal, ou entre deux bons conducteurs non isolés, lorsqu'une personne tire du grand conducteur électrique, suspendu plusieurs pieds au dessus, une médiocre étincelle, et dirige la décharge par une tout autre voie.

§. 4. Je dis *médiocre:* car si elle est bien for-

te, et si la distance de ce conducteur, puissamment électrisé, et volumineux, au corps posés sur la table n'est pas fort grande, il paroîtra de petites étincelles dans les interstices de ces corps, surtout métalliques, et là même ou la grenouille fait un anneau de communication entr'eux; étincelles produites évidemment par ce fluide électrique de retour, dont nous avons parlé ci-dessus (sect. 2.) Ou, si la chose n'arrive pas a ce point, au lieu des étincelles, on pourra observer des mouvements assez marqués de quelqûes électromètres placés sur la même table, et aux mêmes endroits. Or dans ce cas, où les électromètres donnent des signes, et beaucoup plus dans l'autre, où l'on obtient les susdites étincelles, on pourra observer que même une grenouille entière, et intacte, ou un autre petit animal quelconque, un lézard, un souris, un moineau, sont saisis de fortes convulsions dans tous leurs membres, surtout dans les jambes, qui s'élancent avec vivacité, si le passage du fluide électrique (le courant de retour) suit la direction de ces mêmes jambes d'un bout à l'autre. Jusques-là point de merveille; la surprise est dans le cas où le courant électrique n'étant plus sensible, pas même aux électromêtres les plus délicats, il excite encore les mêmes convulsions, les mêmes mouvements et debats, si non dans la grenouille entière, au moins dans ses membres disséqués et préparés à la manière de M.r Galvani.

§. 5. Je me suis appliqué, avec quelque attention, à déterminer quelle etoit la moindre force

électrique requise à produire ces effets, aussi bien dans une grenouille intacte et pleine de vie, que dans une disséquée et préparée à la dite manière; ce que M.r Galvani avoit omis de faire. J'ai choisi la grenouille de préference à tout autre animal, à cause qu'elle est douée d'une vitalité très-durable, et qu'il est fort aisé de la préparer. Au reste j'ai aussi fait des épreuves sur d'autres petits animaux, dans cette vue, et avec un succès à peu-près égal. Pour bien évaluer la force du courant électrique, j'ai cru devoir soumettre l'animal destiné aux expériences de ce genre, non pas aux courants de retour occasionnés par les atmosphères, (sect. 2) mais aux decharges électriques directes, tantôt d'un simple conducteur, tantôt d'une bouteille de Leyde, et en sorte que tout le courant dût traverser le corps de l'animal. A cet effet j'avois soin de le tenir isolé d'une manière ou de l'autre, et le plus souvent en l'attachant, par des epingles, à deux plateaux de bois tendre, portés par des colonnes de verre.

§. 6. J'ai donc trouvé, que pour la grenouille vivante et entière il suffisoit de l'électricité d'un simple conducteur, de moyenne grandeur, quand elle arrivoit seulement à pouvoir donner une très foible étincelle, et à elever de cinq à six degrès l'électromêtre de Henly. Que si je me servois d'une bouteille de Leyde, aussi de moyenne grandeur, une charge de celle-ci beaucoup plus foible produisoit l'effet, telle, par exemple, que ne donnant pas la moindre étincelle, et n'étant aucunement sensible

au quadrant-électromètre, l'étoit à peine à un électromètre de Cavallo au point d'écarter d'une ligne environ ses petits pendules.

§. 7. Cela, comme je viens de montrer, pour une grenouille entière et intacte; car pour une disséquée, et préparée en differentes manières, et sur-tout à la façon de Galvani, où les jambes tiennent à l'épine dorsale par les seuls nerfs cruraux, une électricité beaucoup plus foible encore, soit du conducteur, soit de la bouteille de Leyde, (le fluide étant obligé d'enfiler ce passage étroit des nerfs), ne manquoit pas d'exciter les convulsions etc. Oui une électricité quarante ou cinquante fois plus foible, comme une charge de la bouteille absolument imperceptible au dit électromètre de Cavallo, et même à celui extrêmement délicat de Bennet; une charge, que je ne pouvois rendre sensible qu'à l'aide de mon *condensateur*, et et que je crois pouvoir évaluer à cinq ou six centièmes de degré de l'électromètre de Cavallo.

§. 8. Voila donc, dans les jambes de la grenouille attachées à l'épine du dos uniquement par ses nerfs bien dépouillés, une nouvelle espèce d'électromètre; puisque des charges électriques qui, ne donnant aucun signe à ceux-ci, paroitroient nulles, en donnent de si marqués par ce nouveau moyen, par un tel électromètre animal, si on peut l'appeller ainsi.

§. 9. Lorsqu'on a vu comment une grenouille ainsi préparée se ressent, et est saisie des fortes convulsions par une électricité extremément foible,

par un courant de fluide imperceptible, on ne doit surement plus être surpris qu'elle se debatte de même lorsqu'un corps quelconque décharge tout d'un coup le grand conducteur de la machine électrique, et fait qu'un autre courant de fluide électrique, grand ou petit, du fluide ci-devant déplacé dans les corps *déférents* auprès de la grenouille, et qui se rétablit, comme on a expliqué plus haut (sect. 2) passe, rapidement à travers ses nerfs. Supposons que ce courant de retour soit à peine équivalent à celui que lance directement un conducteur suffisamment volumineux, avec une électricité non étincelante, et presqu'insensible jusqu'à l'électromètre de Cavallo, ou une petite bouteille de Leyde, chargé a peine un dixième de dégré de ce même électromètre; supposons, dis je, que le courant électrique ne soit pas plus fort que cela, il suffit encore, comme mes expériences rapportées ci-dessus (sect. 6 et 7) font voir, pour exciter les mouvements dont il s'agit.

§. 10. Mais si on ne doit plus être surpris, après ces expériences, de celles de M.r Galvani décrites dans la première et seconde partie de son ouvrage, comment s'empêcher de l'être de celles tout-à-fait nouvelles et merveilleuses qu'il rapporte dans la troisième? Par lesquelles il obtint les mêmes convulsions et mouvements violents des membres, sans avoir recours à aucune électricité artificielle, ou excitation étrangere, par la seule application d'un *arc conducteur* quelconque, dont un bout touchât aux muscles, et l'autre aux nerfs,

ou à l'épine de la grenouille, préparée de la manière décrite. Cet arc conducteur pouvoit être ou entièrement métallique, ou partie métallique partie d'autres corps de la classe des *déférents*, comme d'eau, d'une ou plusieurs personnes etc. Même le bois, les murailles, le plancher, pouvoient entrer dans le circuit, pourvû qu'ils ne fussent pas trop secs; il n'y avoit que l'interposition des corps *cohibents*, comme verre, resines, soye, qui empêchât l'effet. Les mauvais conducteurs cépendant ne servoient pas si bien, et seulement pour les premièrs moments après la préparation de la grenouille, tant que les forces vitales se soutenoient en pleine vigueur; après quoi il n'y avoit plus que les bons conducteurs qu'on pût employer avec succès, et bientôt on ne pouvoit réussir qu'avec les excellents, c'est à dire, avec des arcs conducteurs entièrement métalliques. Il trouva au surplus un grand avantage à appliquer une espèce d'armure métallique à cette portion d'epine qu'il laissoit attachée aux nerfs cruraux, et aux nerfs eux-mêmes, et surtout à revêtir cette partie d'une feuille mince d'étain ou de plomb.

§. 11. M.r Galvani ne s'arrêta pas, dans ces expériences vraiment étonnantes, aux grenouilles; il les étendit avec succès, non seulèment à plusieurs autres animaux à sang-froid, mais aussi aux quadrupèdes, et aux oiseaux; dans lesquels obtint les mêmes résultats, moyennant les mêmes préparations; qui consistoient à dégager de ses enveloppes un des principaux nerfs, là où il s'implante dans un mem-

bre susceptible de mouvement, à armer ce nerf de quelque lame ou feuille métallique, et à établir une communication, à l'aide d'un arc conducter de cette armature du nerf aux muscles dépendants.

§. 12. C'est ainsi qu'il découvrit heureusement, et nous demontra, de la manière la plus évidente, l'existence d'une véritable *électricité animale* dans tous, ou presque tous les animaux. Il paroit prouvé en effet par ses expériences, que le fluide électrique tend sans cesse à passer d'une partie à l'autre du corp organique vivant, et même des membres tronqués, tant qu'il y subsiste un reste de vitalité; qu'il tend à passer des nerfs aux muscles ou *vice versa*, et que les mouvements musculaires sont dûs à une semblable transfusion, plus ou moins rapide. En vérité il semble qu'on ne peut rien opposer à cela, ni à la façon dont M.r Galvani explique la chose, par une espèce de décharge semblable à celle de la bouteille de Leyde. Cependant un grand nombre de nouvelles expériences, que j'ai faites sur ce sujet, font voir qu'il y a bien des restrictions à faire, tant à la chose, qu'aux conséquences que l'auteur en a tirées; en même tems qu'elles étendent beaucoup les phénomenes attribués à cette *électricité animale* et nous la représentent dans un grand nombre de circonstances et de combinaisons nouvelles.

§. 13. M.r Galvani, suivant l'idée qu'il s'est fait d'après ses expériences, et pour suivre en tout point l'analogie de la bouteille de Leyde et de l'arc conducteur, prétend qu'il y ait naturellement un excès de fluide électrique dans le nerf, ou dans l'intérieur

du muscle, et un defaut corréspondant dans l'extérieur, ou *vice versa;* et suppose conséquemment qu'un bout de cet arc doit communiquer au nerf, qu'il regarde comme le fil conducteur, ou crochet de la bouteille; l'autre bout à la face extérieure du muscle. Toutes les figures de la troisième et quatrième planche, et toutes ses explications reviennent à céla. Mais s'il avoit un peu plus varié les expériences, comme j'ai fait, il auroit vu que ce double contact du nerf et du muscle, ce circuit qu'il imagine, n'est pas toujours nécéssaire. Il auroit trouvé, ce que j'ai trouvé, qu'on peut exciter les mêmes convulsions, les mêmes mouvements dans les jambes et autres membres des grénouilles, et de tout autre animal, par des attouchements métalliques, soit à deux parties du nerf seul, soit à deux muscles et même à différents points d'un seul et simple muscle.

§. 14. Il est vrai qu'on ne réussit pas, à beaucoup près, si bien de cette manière que de l'autre, et qu'il faut, dans ce cas, avoir recours à un artifice, dont nous aurons occasion de parler plus au long, et qui consiste à employer deux métaux différents; artifice qui n'est pas absolument nécéssaire lorsqu'on expérimente suivant le procédé de Galvani, decrit ci-dessus (Sect. 10 et 11), du moins tant que la vitalité dans l'animal, ou dans ses membres coupés, se soutient en pleine vigueur; mais enfin, puisque avec des armures de différents métaux appliquées, soit aux nerfs seuls, soit aux seuls muscles, on vient à bout d'exciter les contractions

dans ceux-ci, et les mouvements des membres, on doit conclure que s'il y a des cas (ce qui pourroit bien encore paroître douteux) où la prétendue décharge entre nerf et muscle (Sect. 12 et 13) est cause des mouvements musculaires, il y a bien aussi des circonstances, et plus fréquentes, où l'on obtient les mêmes mouvements, par un tout autre jeu, par une tout autre circulation du fluide électrique.

§. 15. Oui c'est un tout autre jeu du fluide électrique, dont on doit dire plutôt qu'on trouble l'equilibre, que de le rétablir, en ce qu'il coule d'une partie à l'autre du nerf, du muscle, etc., tant intérieurement par leurs fibres conductrices, qu'extérieurement par la voie des conducteurs métalliques appliqués non pas en conséquence d'un excès ou defaut respectif, mais par une action propre de ces mêmes métaux, lorsque ceux-ci sont de différente espèce. C'est ainsi que j'ai découvert une nouvelle loi, qui n'est pas tant une loi d'électricité animale, qu'une loi d'électricité commune; à laquelle on doit attribuer la plupart des phénomenes, qui paroîssoient, d'après les expériences de Galvani, et d'après plusieurs autres que j'avois faites moi-même à la suite de celles-là, appartenir à une véritable électricité animale spontanée, et qui n'en sont pas; ce sont réellement des effets d'une électricité artificielle très-foible, qui s'excite d'une manière dont on ne s'étoit pas douté, par la simple application de deux armures de différents métaux, comme j'ai déjà indiqué, et que j'expliquerai mieux ailleurs.

§. 16. Je dois dire ici, qu'à la découverte de cette

loi nouvelle, de cette électricité artificielle jusqu'à présent inconnue, je me defiai d'abord de tout ce qui m'avoit paru demontrer une électricité animale naturelle, dans le sens propre, et que j'étois sur le point de révenir de cette idée. Mais repassant, avec un examen réflechi, tous les phénomenes, et répétant les expériences sous ce nouveau point de vue, je trouvai enfin que quelques unes soutiennent encore cet examen (celles, par exemple, où l'on n'a pas besoin d'armures différentes, ni même d'armure quelconque, un simple fil métallique, ou tout autre corps déférent, faisant office d'arc conducteur entre le nerf isolé et un des muscles dépendants, pouvant exciter dans ceux-ci les convulsions), (Sect. 10 etc.) et qu'ainsi l'électricité animale naturelle et proprement organique subsiste, et ne peut pas être renversée entièrement. Les phénomenes qui l'établissent, quoique beaucoup plus limités, ne laissent pas que d'être démonstratifs, comme je viens d'indiquer, et comme on verra mieux dans la suite.

§. 17. Ce qu'on trouvera peut-être plus désagréable, c'est qu'il faut aussi renfermer en des limites plus étroits son empire dans l'économie animale, et renoncer aux plus belles idées qu'on avoit conçues, et qui paroîssoient nous mener à expliquer clairement tous les mouvements des muscles. Mes expériences, variées de toutes les manières possibles, montrent que le mouvement du fluide électrique, excité dans les organes, n'agit point immédiatement sur les muscles; qu'il ne fait qu'exciter les nerfs, et que ceux-ci, mis en action, excitent à leur tour les

muscles. Quelle soit cette action des nerfs; comment elle se propage d'une des ses parties aux autres: comment elle passe aux muscles, et comm ent il en résulte le mouvement de ces derniers; ce sont encore des problèmes, pour l'explication desquels nous n'en sommes pas plus avancés qu'avant la découverte dont il s'agit.

§. 18. Je viens maintenant aux expériences qui prouvent toutes les assertions que j'ai avancées dans ces derniers paragraphes. Dans la foule qui se présente j'en choisirai quelques unes seulement, celles qui me paroîssent mieux établir certains principes, la plus-part nouveaux et différents de ceux adoptés par M.r Galvani. Mais disons prémièrement encore un mot des expériences de cet auteur. Je ne sais s'il en a fait d'autres, mais celles dont il nous rend compte dans son ouvrage sont renfermées dans un cercle trop étroit; il s'agit toujours de découvrir et isoler les nerfs, et d'établir une communication de corps conducteurs de l'électricité, entre ces nerfs et les muscles qui en dépendent (comme on vòit dans toutes les figures des quatres planches jointes à ce même ouvrage) lorsqu'on se propose d'exciter les convulsions et mouvements de ces muscles, par l'action du fluide électrique. Il suppose donc, dans tous les cas, et il s'explique là-dessus assez clairement, que la transfusion du fluide électrique produite, soit par l'électricité artificielle, soit par l'électricité animale naturelle, doive se faire des nerfs aux muscles, ou *vice versa;* que ces deux termes au moins y doivent être compris, pour que les mou-

vements musculaires ayent lieu; et vraiment toutes le expériences qu'il nous décrit semblent prouver cela. Mais c'est qu'elles roulent, comme j'ai déjà dit, dans ce cercle trop étroit, dont il n'est jamais, ou presque jamais, sorti. En variant les expériences de ce genre de plusieurs manières, j'ai fait voir, que ni l'une ni l'autre de ces conditions, savoir de découvrir et isoler les nerfs, et de toucher simultanément ceux-ci et les muscles, pour procurer la prétendue décharge, sont absolument nécéssaires (Sect. 13). Il suffit, lorsqu'on a par exemple découvert le nerf ischiatique à un chien, à un agneau, etc. de faire passer un courant électrique d'une partie de ce nerf à une autre, même prochaine, en laissant tout le reste intact et libre, et intacte encore plus toute la jambe; il suffit, dis-je, de cela pour voir exciter dans cette jambe les convulsions et les mouvements les plus forts; et cela, soit qu'on employe une électricité artificielle étrangere, soit qu'on mette en mouvement le fluide électrique inherent au nerf lui-même. Voici de quelle manière je fais ces expériences.

§. 19. EXPÉRIENCE A. Je serre avec des pincettes le nerf ischiatique un peu au dessus de son insertion dans la cuisse, et j'applique quelques lignes plus haut une pièce de monnoye, ou une autre lame métallique, sur ce même nerf, detaché soigneusement des ses adhérences, et soutenu par un fil, ou appuyé à une plaque de verre, à un bâton de cire d'espagne, ou de bois sec, ou à tout autre corps mauvais conducteur. Alors appuyant le ventre

d'une bouteille de Leyde, très foiblement chargée, aux dites pincettes, je porte le crochet en contact de l'autre lame métallique; et voila que la décharge qui se fait, quand même elle n'est pas assez forte pour donner la moindre étincelle, fait entrer en convulsion tous les muscles de la cuisse et de la jambe, qui est secouée et s'élance avec plus ou moins d'impétuosité. Et cépendant toute cette jambe, et une partie même du nerf qui en deborde, se trouvoient, comme on voit, hors la route que le fluide électrique a parcouru dans son trajet, de sorte qu'une petite partie seulement du nerf a pu être irritée; cela néanmoins a suffi pour occasionner la contraction des muscles.

§. 20. Expérience B. Il en est de même, c'est-à-dire de semblables convulsions et mouvements de la jambe ont lieu sans avoir recours à une électricité étrangère, par la décharge qui se fait, en certaine manière naturellement, lorsqu'ayant appliqué, comme ci-dessus, les mêmes pincettes, ou une lame d'argent, à une partie du nerf, et une lame de tout autre métal, et surtout d'étain ou de plomb, à une autre partie, on les fait simplement communiquer entr'elles, soit par un contact immédiat, ou par l'entremise d'une troisième pièce de métal, qui fasse l'office d'arc conducteur.

§. 21. Or donc voila les mêmes effets, des convulsions et mouvements musculaires les plus vifs, sans que la décharge de fluide électrique se fasse entre les nerfs et les muscles, comme M.r Galvani suppose toujours; et sans qu'il soit besoin qu'un

bout de l'arc conducteur communique aux uns, et l'autre bout aux autres. Mais aussi l'autre condition, de dépouiller un nerf quelconque et le mettre à nud, n'est pas plus requise, comme les expériences suivantes vont montrer.

EXPÉRIENCE C. J'applique les armures, ou lames de différents métaux (c'est cette différence des armures qui est essentielle) (Sect. 14. et 15.) à une grénouille toute entière et vivante, revêtue même de sa peau, en un mot intacte : je colle, par exemple, une feuille mince d'étain sur son dos, ou sur les reins, et je pose une pièce de monnoye d'argent sous ses cuisses, ou sous son ventre, l'y comprimant un peu; cela fait, j'avance cette monnoye, en la glissant, jusqu'au contact de la feuille d'étain, ou bien j'établis une communication entre ces deux armures, moyennant un fil d'archal, ou une autre pièce de métal quelconque; et voila qu'il s'excite des convulsions spasmodiques dans tous les muscles du ventre, des cuisses, du dos, avec de violentes secousses des jambes, une contraction et courbure de l'epine, etc. lesquelles convulsions et spasmes, quoique presqu'universelles, sont cépéndant plus marqués dans les membres et muscles qui touchent, ou avoisinent, les armures, et plus encore dans ceux qui dépendent des principaux nerfs proches eux-mêmes aux dites armures.

§. 22. Ces expériences reussissent dans quelques autres animaux; dans les poissons, et dans les anguilles sur-tout, aux-quels il n'est pas nécéssaire d'ôter la peau, quoiqu'elle ne laisse pas que d'em-

pêcher un peu l'action. C'est pourquoi en la leur ôtant, au moins en partie, particulièrement à la grenouille, on obtient plus sûrement les effets, et on les obtient beaucoup plus grands. On gagne encore, à cet égard, si on coupe la tête à la grenouille, et si on finit de la tuer en lui enfonçant une grosse épingle dans la moëlle épiniere; on excite alors, par le moyen décrit des armures métalliques différentes, des mouvements plus forts, ou qui paroissent au moins plus marqués, parce qu'ils ne se confondent pas avec les autres mouvements que l'animal se donne étant en vie.

§. 23. S'il est avantageux, comme on vient de voir, d'ôter la peau aux grenouilles, quoique fort mince et assez humide, il l'est beaucoup plus, et même nécéssaire, de l'ôter à presque tous les autres animaux, lézards, salamandres, serpents, tortues, et sur-tout aux quadrupèdes, et aux oiseaux, fournis d'une peau plus séche et beaucoup plus épaisse, pour reussir dans ces expériences. Voici donc comment je m'y prends.

Expérience D. J'attache à une table, au moyen de quelques grosses épingles, un lézard, une souris, un poulet, etc. et en faisant une incision à la peau et aux autres intéguments, jusqu'à la chair nue, sur le dos de l'animal ainsi assujetti, je renverse les intéguments des deux côtés; j'en fais autant à la cuisse ou à la jambe, après quoi j'applique les deux armures aux endroits dénués, ici la feuille d'étain, là le cuillier ou la pièce de monnoye. Alors, toutes les fois que je fais communiquer entr'elles ces deux

armures, il s'excite de fortes contractions dans les muscles adjacents, et sur-tout dans ceux de la cuisse et de la jambe, qui remue et se debat tres-fort. Ces sécousses sont beaucoup plus violentes selon que la feuille d'étain se trouve appliquée plus près du nerf ischiatique, et la lame d'argent mieux appliquée au muscle qu'on appelle *gluteus*, ou à l'autre dit *gastrocnemius*, et toujours plus si on va jusqu'à découvrir ce même nerf, et à le revêtir lui-même de la feuille d'étain; si, le laissant attaché seulement aux muscles dans lesquels il s'implante, on lui ôte tout autre adhérence; si enfin on détache tout le membre du reste du corps, avec son nerf pendant, et on l'assujettit seul aux expériences.

Je suis, etc.

Septembre 13. 1792.

A. Volta.

SECOND LETTER.

§. 24. Au reste on comprend bien que ce que je viens de faire observer, par rapport au nerf ischiatique et à la jambe, a lieu pour le nerf brachial et le bras, et pour tout autre nerf rélativement aux muscles et membres régis par ces nerfs.

§. 25. Ces dernières préparations réviennent à celles de M.r Galvani; et elles prouvent bien qu'il est avantageux de mettre a découvert les nerfs, et plus encore de les détacher tout-au-tour; mais nullement que ce soit une condition nécéssaire, puisque on ne manque pas d'obtenir les mêmes convulsions et mouvements des membres lorsqu'on découvre simplement les muscles, et qu'on laisse tous les nerfs enveloppés et cachés sous eux dans l'état naturel, commes toutes mes autres expériences ci-devant rapportées (Sect. 21. 22. 23.) font voir.

§. 26. Après ces essais sur des reptiles, sur des oiseaux, et sur de petits quadrupèdes, je procédai à d'autres animaux plus grands, lapins, chiens, agneaux, boeufs; et non seulement je parvins à produire de semblables effets par toutes les manières décrites, mais à en obtenir de plus marqués et plus durables, à raison que la chaleur vitale se soutenoit

dans ces grands animaux, et dans leurs membres, plus long-temps. Car je ne dois pas négliger de dire, que si dans la plûpart des animaux à sang froid et particulièrement dans les grenouilles, la vitalité subsiste dans les membres tronqués plusieurs heures, cette vitalité qui les rend si sensibles à la plus foible irritation électrique, elle ne dure gueres que quelques minutes dans les membres découpés des animaux à sang chaud, et disparoit communément avant que toute cette chaleur animale soit dissipée.

§. 27. Ayant eu un tel succès de mes expériences sur des animaux grands et petits de toute espèce, tantôt vivants et dans toute leur intégrité, tantôt écorchés, quelquefois décapités, et disséqués de différentes manières, et dans chacun de leurs gros membres tronqués; et presque toujours sans cette préparation requise par M.r Galvani, c'est a dire, sans mettre à découvert les nerfs, je voulus aller plus loin, et essayer sur de petits membres, sur un seul muscle, et sur de petits morceux de muscles; et le nouveau succès que j'en ai eu m'a conduit à d'autres découvertes, que j'exposerai bientôt après avoir décrit quelques unes de ces expériences.

§. 28. Expérience E. J'ai coupé tantôt une jambe avec la cuisse, tantôt la jambe seule, tantôt une moitié ou un quart de jambe à une grenouille; et ayant appliqué, à l'ordinaire, à une partie de la pièce coupée la feuille d'étain, et à une autre partie la lame d'argent, et fait communiquer entr'elles ces armures, j'obtins toujours des convulsions et mouvements. J'en ai détaché un seul muscle, par exem-

ple le *gluteus* ou le *gastrocnemius ;* d'autres fois je n'en ai pris qu'un morceau pas plus gros qu'un grain d'orge; mêmes effets, savoir, des contractions très vives et spasmodiques de ces muscles, ou de ces morceaux de muscles, moyennant l'artifice de deux armures différentes, etc.

Expérience F. J'ai répété les mêmes expériences sur une jambe, une moitié et un tiers de jambe, sur un seul muscle, et un fragment de muscle, de poulet, et d'autres oiseaux; sur une tranche du *gluteus* d'un lapin, d'un agneau, etc. et j'ai eu les mêmes effets tout le tems que les chairs ont conservé une chaleur sensible (Sect. 26).

§. 29. Ainsi donc on excite des contractions très fortes dans les muscles des animaux à sang chaud, comme à sang froid, et dans toutes les parties coupées des muscles; et on les excite par le simple artifice des armures métalliques différentes, appliquées au muscle lui-même, sans aucune préparation des nerfs, mêmes sans découvrir ceux-ci. Ailleurs nous avons vu qu'on les excite également, et par le même moyen des armures appliquées à deux parties voisines du nerf seul. (Sect. 19. et 20. Expérience A. et B.) d'où j'ai raison de conclure qu'il n'est pas du tout nécéssaire qu'il se fasse une décharge de fluide électrique entre nerf et muscle, ou qu'il s'en transporte de l'intérieur à l'extérieur de ce dernier par le nerf et par l'arc conducteur, comme M.r Galvani suppose, ou *vice versa;* et qu'il n'y a aucune comparaison à faire du muscle avec la bouteille de Leyde et sa décharge, dans les expériences dont il

s'agit ici. Qu'y a-t-il en effet qui ressemble, et qu'on puisse expliquer analogiquement à la bouteille, lorsque les deux lames de métal, auxquelles arrivent les deux bouts de l'arc conducteur, se trouvent appliquées très près l'une de l'autre à l'extérieur du même nerf (Expérience A. et B.), ou sur l'extérieur de deux muscles semblables, ou sur le même muscle? (Expérience C. D. E. F.) il faut convenir qu'on feroit inutilement des efforts pour soutenir ici une analogie avec la bouteille de Leyde.

§. 30. Expérience G. Ayant revêtu de deux feuilles, une d'argent l'autre d'étain, les deux cuisses d'une grénouille aux endroits précisement corréspondants, on excite les contractions des muscles et les mouvements ordinaires des jambes, au moment qu'on fait communiquer par un arc conducteur ces deux armures.

§. 31. Est-ce comme cela, je demande, que se fait la décharge de deux bouteilles de Leyde, en établissant une communication entre les surfaces homologues? Laissons donc là ces idées de bouteille et décharge, et toute explication forcée, et disons simplement qu'il se fait ici, et dans les expériences analogues, un transport de fluide électrique de l'une à l'autre des deux parties convénablement armées; transport déterminé, non par un *excès respectif* de ce fluide, qu'on ne sauroit naturellement supposer entre des parties similaires, mais par la diversité de ces mêmes armures, qui doivent être de différents métaux, comme j'ai eu soin d'indiquer déjà, (Sect. 20. et 21. Expérience B. et C.) et toujours inculqué dans la suite. En effet,

§. 32. Expérience II. Si deux muscles, ou deux endroits d'un seul muscle, sont armés pareillement, c'est à dire, de deux lames d'un même métal, égales aussi quant à leur trempe et duréte, souplesse ou rigidité, quant au poli ou à la rudesse des supérficies, et appliquées de la même manière, on aura beau les faire communiquer par un arc conducteur, il ne s'en suivra aucune convulsion, aucun mouvement.

§. 33. J'avoue qu'il n'est pas aisé de concevoir comment et pourquoi la simple application de deux armures dissemblables, je veux dire de deux différents métaux, à deux parties similaires de l'animal, et même à des points très proches les uns des autres d'un muscle quelconque, trouble l'équilibre du fluide électrique, et, le tirant de son repos et de son inaction, le sollicite de passer incessamment d'un endroit à l'autre : lequel transflux a lieu sitôt qu'on établit un arc conducteur entre ces deux armures dissemblables, et continue tout le tems que cette communication subsiste. Mais concevable ou non qu'en soit la cause, c'est un fait que les expériences déjà rapportées prouvent assez, et qui sera confirmé par beaucoup d'autres; à la suite desquelles je tâcherai d'en donner quelqu'explication. C'est un fait qu'on doit ajouter à ce que nous connoissions déjà en électricité : un fait qui doit surement paroître extraordinaire et difficile à concilier avec les lois communément établies. C'est véritablement une nouvelle loi bien singulière, que j'ai découverte, une loi qui n'appartient pas proprément à l'électricité

animale, mais à l'électricité commune, puisque ce transflux de fluide électrique, transflux qui n'est pas un surplus momentané, comme seroit une décharge, mais continu et suivi tout le tems que la communication entre les deux armures subsiste, a lieu, soit que celles-ci se trouvent appliquées aux substances animales vivantes ou mortes, ou à d'autres conducteurs non métalliques, mais suffisamment bons, comme à l'eau, ou à des corps mouillés. Mais avant que d'en venir aux expériences qui prouvent décidément tout ce que j'avance ici, je dois encore m'arrêter quelque peu sur celles que j'ai déjà rapportées (Sect. 20 et 32).

§. 34. Il paroit d'abord par celle-ci qu'on peut exciter, moyennant le simple artifice des armures de différents métaux convénablement appliquées, de fortes contractions dans tous les muscles de tous les animaux, tant qu'ils jouissent encore de quelque vitalité. Une telle conclusion seroit pourtant trop générale, et l'expérience même, au milieu des preuves que j'ai si fort étendues, m'a appris qu'il faut y mettre des restrictions, tant rélativement aux classes et genres d'animaux, que par rapport aux différents muscles de chaque animal.

§. 35. Et premièrement pour ce qui est des différentes classes d'animaux; quoiqu'il soit bien constant que tous les quadrupèdes, les oiseaux, les poissons, les reptiles, et les amphibies, que j'ai soumis aux épreuves, présentent les phénomènes décrits, il n'en est pas moins vrai que les vers en géneral, et plusieurs insectes, s'y sont réfusés. J'ai

essayé en vain les vers de terre, les sangsues, les limaces et limaçons, les huitres, et diverses chenilles; je n'y ai pas même pu exciter des mouvements par de pétites et médiocres étincelles, et décharges, d'électricité artificielle. Voici de quelle manière j'ai procédé.

Expérience I. J'ai appliqué la feuille d'étain et la lame d'argent, à différentes parties, tant extérieures qu'intérieures, de ces limaces, sangsues, vers de terre, etc. et le mieux qu'il m'a été possible; et j'ai établi la communication de ces armures métalliques, tantôt en approchant l'une de l'autre jusqu'au contact, tantôt par l'intermede d'un autre métal faisant office d'arc conducteur; mais par tous ces moyens je n'ai jamais pu obtenir le moindre mouvement dans acune partie de leur corps.

Expérience L. J'ai effectué à travers leurs corps, isolés ou non isolés, des décharges de bouteille assez fortes pour exciter une médiocre étincelle, et pour me donner une pétite commotion, et ils n'en furent pas sensiblement affectés; point de mouvements ou des convulsions.

§. 36. Est-ce donc que les animaux les plus imparfaits, la classe entière des vers, et plusieurs insectes ne posséderoient gueres cette sensibilité et irritabilité, cette mobilité électrique, s'il m'est permis de dire ainsi, dont jouissent les autres animaux plus parfaits? Je ne veux point encore tirer cette conclusion générale de mes expériences, que je n'ai étendues jusqu'à présent qu'à un pétit nombre de vers et d'insectes. Encore, à l'égard de ces

derniers, je dois dire que j'ai réussi, sans beaucoup de difficulté, sur des ecrevisses, des scarabés, des sauterelles, des papillons, des mouches. Il ne sera pas inutile que j'explique une des manières par lesquelles je viens à bout avec ces animaux, difficiles d'assujettir aux expériences, ou par leur pétitesse, ou par les écailles dont ils sont récouverts.

Expérience M. Après avoir tranché la tête à la mouche, au papillon, au scarabé, etc. je leur fend, tout au long, le corselet avec un canif, ou de pétits ciseaux; et j'introduis profondement dans la fente, près du cou, un morceau de feuille d'étain (le papier dit improprement argenté est très à propos) et un peu au dessous j'introduis, de même bien avant dans l'intérieur, le tranchant d'une lame d'argent, ou d'une petite monnoye: alors quand j'avance celle-ci jusqu'au contact de la feuille d'étain, les jambes commencent à se plier, à se debattre, et les autres parties, et le tronc même, à s'agiter. Il est fort amusant d'exciter de cette manière le chant d'une cigale etc.

§. 37. Ainsi donc j'aurois grand tort de ranger les insectes parmi les animaux déstitués, comme le sont les vers déjà indiqués, de la faculté électrique dont il s'agit. Tout au plus, si les chenilles se montrent telles, on peut dire que dans cet état de larve, avant d'atteindre par leur métamorphose l'état parfait, d'acquérir de nouveaux organes, etc. de même qu'elles sont comparables aux vers à plusieurs autres égards, elles le sont aussi à celui de n'être pas douées de la sensibilité électrique.

§. 38. Enfin, s'il m'est permis de dire ici ce que je pense, les animaux seulement qui ont des membres bien distincts, des articulations, et des muscles propres pour le mouvement de chacun, de ces muscles qu'on appelle flexeurs, ou élévateurs, et des nerfs propres qui les régissent, se ressentent, et sont saisis d'une contraction réelle et spasmodique, soit par des pétites décharges d'électricité artificielle, soit par un foible courant de fluide occasionné par les simples armures métalliques différentes; contractions et spasmes qui entrainent le mouvement, et aussi l'agitation violente des dits membres. Au contraire les vers, et ceux d'entre les insectes qui n'ont point de membres assez distincts, point d' articulations proprement dites, ou qui manquent de ces muscles flexeurs, ou qui ne jouissent que d'un mouvement verniculair, ne sont point affectés par une semblable électricité. C'est une tout autre économie animale, une tout autre méchanique pour les mouvements de ces animaux, un jeu qu'on a très bien découvert et expliqué dans plusieurs espèces. Voila mes idées, encore un peu vagues, fondées sur quelques expériences; c'est la suite de celle-ci qui doit ou les confirmer, ou les rectifier.

§. 39. A l'égard des différents muscles dans le même animal, je suis en état d'avancer quelque chose de plus assuré. Je dis donc, qu'il s'en faut de beaucoup que tous les muscles soient susceptibles de contraction par la foible action électrique dont il s'agit. Il y a une grande distinction à faire par rapport à leur fonction dans l'économie animale;

tous ne sont pas soumis à l'empire de la volonté, et prêts aux mouvement spontanés. Or, il n'y a proprément que ceux-ci qui soient capables des contractions spasmodiques, par les moyens décrits. Oui, il n'y a que les muscles obéissants à la volonté que j'ai trouvés susceptibles d'irritation et de mouvement par l'action de ce foible courant de fluide électrique occasionné par le simple attouchement de deux métaux différents; et point du tout les autres muscles sur lesquels la volonté n'a aucun pouvoir direct, comme ceux du ventricule, des intestins, etc. pas même le cœur, d'ailleurs si irritable. Les muscles du diaphragme oui (et je le dévinai avant que d'en faire l'épreuve) puisqu'ils sont d'entre ceux dont les mouvements dépendent de la volonté.

Expérience N. Il est bien surprenant qu'une tranche de bonne chair musculaire coupée, par exemple, à la cuisse d'un agneau égorgé une demie heure ou une heure avant; que ce morceau, dis-je, de muscle presqu'entièrement refroidi, et qui ne se ressent plus de l'action d'aucun stimulant méchanique ou chimique, soit si puissamment affecté par le fluide électrique transmis d'une partie à l'autre, au point d'être saisi de contractions spasmodiques très fortes; et qu'au contraire le cœur recemment arraché à ce même animal, et encore tout chaud et très irritable, traité de même, sollicité également par des armures métalliques le mieux adaptées, et l'arc conducteur qui en établit la communication, n'en souffre aucune altération; que ses battements lorsqu'ils sont affoiblis et lents ne rédoublent point, et

lorsqu'ils sont suspendus ou assoupis ne se réveillent pas, tandis que cela par les plus foibles stimulants méchaniques, ou chimiques.

§. 40. Le fluide électrique donc, qui paroît être le stimulant approprié aux muscles de la volonté, ne l'est aucunement pour le cœur, et pour les autres muscles doués des mouvements vitaux et animaux non volontaires. Mais que dira-t-on si je montrerois qu'il n'est pas non plus la cause immédiate, ou efficiente, des mouvements des dits muscles volontaires; que dans ceux-ci mêmes il n'est encore qu'une cause médiate, en tant que les nerfs seuls en sont directement affectés? C'est ce que plusieurs expériences m'ont appris; par lesquelles j'ai été forcé de renoncer aux plus belles et vastes idées. J'aimois à penser, avec M.r Galvani, que le fluide électrique mis en mouvement dans les organes, toutes les fois qu'il poussoit son courant jusqu'aux muscles, et qu'il les frappoit avec une certaine force, fit lui-même l'office de stimulant, et excitât l'irritabilité qui leur est propre; que tous les mouvements musculaires s'exécutassent par une semblable irruption de fluide électrique dans les muscles, soit lorsqu'on employoit l'électricité artificielle, soit lorsqu'on donnoit jeu à l'électricité animale naturelle; qu'enfin les mouvements mêmes qui se font náturellement dans la machine animale vivante, au moins le mouvements volontaires, réconnussent la même cause, savoir l'action immédiate du fluide électrique sur les muscles. Mais, je le répéte, j'ai dû renoncer, non sans regret, a toutes ces belles idées, par lesquelles il

nous paroissoit possible d'expliquer les choses à merveille. Oui, il faut limiter beaucoup l'action de l'électricité dans les animaux, et l'envisager sous un autre point de vue, savoir, comme capable seulement d'exciter par elle-même les nerfs, comme j'ai déjà indiqué, et comme je vais maintenant prouver.

§. 41. D'abord, qu'elle puisse agir, et qu'elle agisse effectivement, sur les nerfs, et que ceux-ci excités par elle excitent à leur tour les muscles dépendants, sans même que le courant électrique arrive jusqu'aux dits muscles, c'est un fait qui n'a plus besoin de preuves après celles fournies par les Expériences A. et B. (Sect. 19. et 20.) et même par une expérience de M.r Galvani, qui fut la première de toutes, et l'origine des autres, suivant son recit. On voit assez que le courant électrique, dans cette expérience du professeur de Bologne, comme dans les miennes que je viens de citer, traverse une partie seulement du nerf crural, et pas un des muscles de la jambe; cépendant comme ils dépendent de ce nerf, ils tombent tous en convulsion.

§. 42. Mais je vais plus avant, et je soutiens que même dans les cas où le courant électrique (on comprend bien que je n'entends parler que des foibles décharges artificielles, ou de ce courant qui a lieu par la simple application des armures de différents métaux) frappe et penètre les muscles susceptibles de mouvement, ce n'est pas en irritant ceux-ci immédiatement qu'il les fait entrer en contraction, mais en stimulant leurs nerfs. C'est ce qu'indiquent déjà mes Expériences C. et D. (Sect.

21. et 23.) où la feuille d'étain et la lame d'argent se trouvant appliquées immédiatement aux parties musculeuses de l'animal, soit entier, soit écartelé, ce ne sont pas tant les muscles couverts par les deux armures métalliques qui souffrent les plus violentes contractions, que ceux qui dépendent de quelque nerf principal, auquel soit proche l'une ou l'autre des armures. C'est ainsi que dans la grenouille, lorsque la feuille d'étain est appliquée sur les reins, ou gissent à peu de profondeur les nerfs cruraux, les muscles des jambes sont saisis de fortes convulsions plus que tout autre, plus même que ceux qui touchent ou avoisinent l'autre armure, c'est à dire, la lame d'argent. J'ai déjà fait observer la même chose dans les quadrupèdes, chiens, agneaux, etc. par rapport au nerf ischiatique (Expérience D.) et je dois ajouter seulement, que la jambe ne laisse pas d'être sécouée lorsque ce nerf n'est pas trop caché sous les chairs et autres intéguments, et on applique comme il faut à cet endroit une des armures; quand même on ne feroit point répondre l'autre ni au muscle *gluteus*, ni à aucun muscle de la jambe, mais à un autre quelconque, pourvu qu'il ne soit pas trop éloigné. Voila encore pourquoi.

Expérience O. Si on applique à la grénouille, ou à d'autres pétits animaux, la feuille d'étain tout le long de l'épine du dos, d'où sortent tous les nerfs du tronc et des membres; et l'autre armure à une autre partie quelconque, tous ces membres se debattent, les muscles, non seulement des jambes mais du ventre et du dos, souffrent des con-

tractions spasmodiques, et le tronc lui-même se courbe et se plie en arc; en un mot les convulsions sont générales. L'expérience est encore plus frappante dans un lézard que dans une grenouille, et je vais la décrire.

Expérience P. Ayant coupé la tête à un lézard, et découvert les muscles du dos en enlevant la peau, j'applique nn morceau de feuille d'étain au bout tronqué, de manière que cette feuille deborde un peu et s'éleve sur les épaules, et je pose une monnoye d'argent sur le milieu de l'épine; enfin je fais avancer, en glissant, cette monnoye jusqu'au contact de la dite feuille. A l'instant les jambes remuent, la queue se replie tortueusement, et tout le corps agité se courbe et s'elance de droite à gauche, et de gauche à droite. N'est-ce pas à cause que la partie supérieure de la moëlle épiniere, la source principale des nerfs, est irritée?

§. 43. On peut obtenir, par une semblable opération à-peu-près les mêmes effets dans une souris, un petit oiseau etc. mais il faut en ôter, non seulement la première peau et les autres intéguments, mais aussi de la chair, à raison que leur dos les plus charnu, et les principaux nerfs et la moëlle se trouvent plus cachés par cette chair, et par les os mêmes du tube vertebral. Il est aisé en effet de comprendre que le courant de fluide électrique, occasionné par les deux armures, ne penétrant qu'à une certaine profondeur les parties de l'animal recouvertes par ces armures, ne peut guère atteindre ni la moëlle épinière, ni les prin-

cipales branches des nerfs, qui entrent dans l'intérieur des membres, si les os, la chair, et d'autres intéguments interposés ont une epaisseur considérable. On comprend aussi pourquoi dans les grands animaux, chiens, agneaux etc. on ne réussit pas à exciter de cette manière des mouvements dans tous les membres, je veux dire en appliquant les deux armures au dos, quoique décharné. Les gros troncs des nerfs restent encore trop cachés, et ensevelis; il n'y à que des branches ou ramifications qui gissent peu au dessous des dites armures, et ces branches n'aboutissent, pour la plus-part, qu'à certaines parties extérieures et voisines; en conséquence on ne voit naître communément que des contractions et des palpitations superficielles dans tel ou tel autre muscle. Ou si par hazard tout un membre est mis en mouvement, c'est que le nerf qui entre dans son intérieur, et regit ce mouvement, se trouve peu caché, qu'il n'y a qu'un leger voile, une couche peu épaisse qui le couvre, des fibres minces seulement interposées entre lui et l'une ou l'autre des armures métalliques; comme on a pu observer dans les Expériences D. et suivantes, (sect. 23 etc.) où il suffisoit, pour exciter de grands mouvements dans la jambe d'un chien, ou d'un agneau, d'appliquer une des armures près du nerf ischiatique, et plus on en approchoit, et plus on amincissoit la couche de chair qui l'enveloppoit, plus les mouvements de la jambe étoient forts.

§. 44. Il faut donc connoître la position des

nerfs, leur diréction etc. et il faut enlever non seulement les intéguments communs, la graisse etc. mais aussi partie de la chair qui couvre et enveloppe les dits nerfs, il faut amincir plus ou moins cette enveloppe, avant que d'y appliquer l'armure métallique, pour obtenir dans les grands animaux le mouvement de tel ou tel autre membre, outre les contractions et palpitations superficielles de quelques muscles. Il est peut-être impossibile d'exciter ces mêmes mouvements et convulsions dans tous les membres à la fois; tandis que cela n'est pas difficile dans le petits animaux, comme nous avons vu ci-dessus. (Sect. 42. Expérience O. et P.) en leur ôtant seulement la peau, ou partie des autres intéguments; ce qui n'est pas même necéssaire pour la grénouille, à la quelle on peut laisser la peau, qui, étant extrémement mince et humide, n'empêche pas par son interposition que le courant électrique atteigne les principaux nerfs, ou la moëlle épinière.

§. 45. Mais s'il faut avoir égard à la direction des principaux nerfs, pour determiner les mouvements dans les différents membres, il faut aussi faire attention à la position des ármures relativément aux muscles; puisque ceux qui se trouvent interposés, et plus près de l'une ou de l'autre armure, sont en général plus sujets à contracter des convulsions spasmodiques, et souvent aussi sont les seuls dans lesquels on les observe; par exemple, lorsque les armures ne repondent à aucun gros nerf, ou, s'ily'en a, lorsqu'ils se trouvent trop énveloppés et trop profondément cachés.

§. 46. Cela, et les Expériences E. F. (sect. 28) où un muscle seul, et même un morceau de muscle, traité à l'ordinaire, ne laisse pas de souffrir des contractions très fortes, pourroient faire croire que le fluide électrique produisît ces mouvements en irritant les fibres musculaires elles-mêmes sans l'intervention des nerfs; l'action desquels par consequent ne seroit ni *primaire*, ni absolument nécessaire, comme je pretends. Mais l'argument tiré de ces exemples n'a aucune force, tant qu'on ne prouve pas que dans ces muscles, dans ces morceaux de muscle, il n'y ait gueres de nerfs; puisque s'il y en a (et certainement il doit y avoir, et il ya, des ramifications nerveuses dans chaque portion sensible, j'ai prèsque dit dans chaque fibre musculaire) je puis toujours soutenir que ce sont ces filets nerveux, dont la substance du muscle se trouve parsemée, qui sont immédiatement affectés par le fluide électrique qui pénetre cette même substance; que ce fluide deployant son action sur les nerfs extremement sensibles, action qui finit là, ceux-ci exercent la leur sur les muscles etc. Je puis, dis-je, soutenir avec assez de vraisemblance que le fluide électriqne n'a par lui-même d'influence au phénomene des contractions musculaires, qu'en ce qu'il en excite les nerfs; en un mot, qu'il n'en est pas la cause immédiate. Une telle assertion, que le choses expliquées jusqu'ici rendent plus que probable, est prouvée directement, et de la manière la plus évidente, comme je vais montrer, par plusieurs expériences que j'ai faites sur la langue: expe-

riences qui m'ont conduit à d'autres découvertes, aussi intéressantes que curieuses.

§. 47. Étant parvenu à exciter des convulsions toniques, et les mouvements les plus forts, dans les membres, non seulement des petits, mais des grands animaux, sans découvrir aucun nerf, par la simple application des armures de différents métaux aux muscles denués des intéguments, je pensai bien-tôt si on ne pourroit pas obtenir la même chose dans l'homme. Je conçus que la chose réussiroit très bien dans les membres amputés; mais dans l'homme entier et vivant comment faire? Il auroit fallu aussi ôter les intéguments, faire des incisions profondes, emporter même une partie des chairs aux endroits sur lesquels on alloit appliquer les lames métalliques, (comme j'ai fait remarquer qu'il faut faire souvent aux parties charnues des grands animaux). Heureusement il me vint dans la tête, que nous avons, dans la langue, un muscle nu, dépourvu au moins des intéguments épais dont sont couvertes les parties extérieures du corps, un muscle qui est très mobile, et mobile à volonté. Voila donc, me disoisje, toute les conditions requises, pour pouvoir y exciter de vifs mouvements par l'artifice ordinaire des armures différentes. Dans cette vue je fis, sur ma propre langue, l'expérience suivante.

§. 48. Expérience Q. Ayant révetu la pointe de la langue, et une partie de sa surface supérieure, dans l'étendue de quelques lignes d'une feuille d'étain, (le papier dit argenté est le plus à propos)

j'appliquai la partie convexe d'un cuiller d'argent plus avant sur le plat de la langue, et en inclinant ce cuiller je portai sa queue jusqu'au contact de la feuille d'étain. Je m'attendois à voir tremblotter la langue; et je faisois, pour cela, l'expérience devant un miroir. Mais les mouvements que j'osois prédire n'arriverent pas; et j'eus, au lieu de cela, une sensation à laquelle je ne m'attendois nullement; ce fut un goût aigre assez fort, sur la pointe de la langue.

§. 49. Je fus d'abord fort surpris de cela; mais réflechissant un peu à la chose, je conçus aisément, que les nerfs qui aboutissent à la pointe de la langue, étant les nerfs destinés aux sensations du goût, et nullement aux mouvements de ce muscle flexible, il étoit tout-à-fait naturel, que l'irritation du fluide électrique, mu par l'artifice ordinaire, y excitât une saveur, et pas autre chose; et que pour exciter dans la langue les mouvements dont elle est susceptible, il faudroit appliquer une des armures métalliques auprès de sa racine, où s'implantent les nerfs destinés à ces mouvements; ce que je vérifiai bientôt par cette autre expérience.

§. 50. Expérience R. Ayant coupé à un agneau tout récemment égorgé, la langue près de sa racine, j'appliquai une feuille d'étain à l'endroit de la coupure, et le cuillier d'argent à une de ses surfaces; procédant alors à établir une communication, comme il faut, entre ces deux armures métalliques, j'eux le plaisir de voir la langue entière tremousser vivement, élever sa pointe, se tourner et se replier

de part et d'autre, chaque fois et tout le tems qu'une telle communication avoit lieu.

§. 51. J'ai répété cette expérience sur une langue de veau, que je posai, armée de la même manière de la feuille d'étain près de sa racine, sur un plat d'argent, pour qu'il fît l'office de l'autre armure; et le succès fût le même. Je l'ai répétée aussi sur la langue d'autres petits animaux, comme souris, poulets, lapins etc. et j'obtins prèsque toujours le même effet. Je dis presque toujours, car quelques fois il manqua dans la langue des petits animaux; soit que la feuille d'étain ne fût pas appliquée convenablément à l'endroit juste, où les nerfs qui régissent les mouvements de la langue y ont leur insertion; soit que la langue réfroidie eût déjà perdu sa vitalité, qui ne dure guères long-tems dans les muscles des animaux à sang chaud, comme j'ai déjà fait observer, (sect. 26) et particulièrement dans la langue.

Je suis etc.

Octobre 25. 1792.

A. Voltà.

NUOVE OSSERVAZIONI

SULL' ELETTRICITÁ ANIMALE

Questo Articolo è stato tratto dal Giornale Fisico-Medico del Sig. Brugnatelli. Novembre 1792. pag. 192.

Non avendo tutta in pronto la terza memoria sull' Elettricità animale voglio frattanto anticipatamente far parte a voi ed al Pubblico di alcune cose, che ho nuovamente scoperte. Ho trovato che il carbone di legna ben cotto, è pur esso eccitatore e motore di Elettricità al pari de' metalli, e che anzi sta sopra di tutti, e fin sopra dell' argento che io aveva posto in cima, di maniera che il più vivo sapore che mai possa eccitarsi lulla lingua è collo stagno ed il carbone. Così parimente, è lo stesso carbone superiore all' argento, all' oro ed agli altri metalli, molto più trattandosi di eccitare in vece del sapore sulla lingua le contrazioni e moti negli altri muscoli.

Sono poi giunto ad eccitare anche la sensazione della luce coll' istesso artificio dell' armature metalliche dissimili, con cui si eccita il sapore. Ecco come procedo: applico al bulbo dell' occhio l' estremità di una listerella di foglia di stagno (ottima è la carta stagnata detta impropriamente carta d' argento) e pongo in bocca una moneta, od un cucchiaio d' argento; indi adduco al contatto i due capi metallici; ciò basta perchè nell' istante medesimo, e ad ognivolta che rinnuovo un tal contatto, io abbia la sensazione di un chiarore o lampo passeggiero, più o men vivo, secondo che stan meglio

applicate le due armature metalliche, e secondo che chiudo a dovere le palpebre, o mi trovo più all'oscuro. Questa sensazione è sicuramente prodotta dal fluido elettrico, che trascorrendo dalla parte anteriore dell'occhio, cui sta applicato lo stagno, alla posteriore, e quindi alle parti della bocca che combaciano l'argento, investe nel suo passaggio la retina, e ulteriormente un più o men lungo tratto del nervo ottico, e lo stimola. L'esperienza riesce meglio assai, applicando lo stagno ad un occhio, e l'argento all'altro, invece di porlo in bocca, venendo per tal modo anche le retine affette. Ma per evitare di far male ad una parte cotanto delicata quale è l'occhio, col contatto immediato dei metalli, ho pensato di far queste prove in altro modo, e sonovi riuscito con buon esito, anzi migliore, premendo il nudo bulbo con un piumacciuolo ben inzuppato d'acqua tiepida, e ad esso piumacciuolo tenendo applicata la lamina metallica. Ho fatto l'esperienza in diverse altre maniere, sostituendo pur anco il carbone all'argento, con egual successo. La più bella e curiosa però è di applicare la foglietta di stagno alla punta della lingua, ed al piumacciuolo sopra l'occhio la lamina di argento: con che si hanno, all'istante che viene a farsi la comunicazione d'ambi i metalli, le due sensazioni distinte, una del solito sapore acido sulla lingua, e l'altra del chiarore nell'occhio.

Ho tentato se mi riuscisse di eccitare cogli stessi artificj anche i sensi dell'odorato e dell'udito, ma finora inutilmente.

Da tutte queste sperienze, in cui si eccitano le sensazioni, di luce e di sapore, come pure dalla massima parte di quelle in cui si destano vive e forti contrazioni ne' muscoli, non si può certamente trarre argomento di una vera Elettricità animale, cioè propria degli organi, i quali mostransi anzi meramente passivi ed attivi in vece i metalli, qualunque volta questi essendo di specie, o per altra qualità diversi, e trovandosi applicati a parti umide, e combaciandole a dovere, ne smuovono il fluido elettrico, e lo traggono, se pur hanno comunicazione tra loro, in giro. Ho fatto delle prove che dimostrano un egual trasporto di fluido elettrico, venendo i metalli dissimili applicati a tutt' altri corpi che animali, però a sostanze umide, come carta, cuoi, panni ec. inzuppati d'acqua, e meglio all' acqua medesima. È dunque fin quì tutto effetto di un tal combaciamento di metalli, nelle quali circostanze non sono già essi semplici *deferenti*, come in altre, ma veri *motori* ed *eccitatori* di elettricità, e questa è una scoperta capitale. Resta a sapere, se in alcun caso possano attribuirsi le contrazioni e moti muscolari, eccitati negli animali preparati e tentati alla maniera del Sig. Galvani ad un' elettricità propria degli organi, ad uno sbilancio naturale di fluido ne' medesimi, come ho creduto io pure da principio, ma ora ne dubito fortemente. Più m' avanzo nelle sperienze, e più crescono questi dubbi, a segno che oramai son persuaso non venir mai da azione propria degli organi, o da alcuna forza vitale concitato e mosso il fluido elettrico, e tendere a tra-

sportarsi da una ad altra parte dell' animale, ma essere a ciò determinato e costretto in virtù di una spinta che riceve nei luoghi combaciati da metalli, e che da una parte lo caccia ed incalza, dall'altra lo tira: son, dico, oramai persuaso di questo, massime osservando che nulla mai, o quasi mai non si ottiene senza il contatto di qualche metallo, anzi di due diverse specie, o in qualche altra cosa dissimili, cioè, per durezza, politura, lucidezza ec., onde son condotto a congetturare, che quando pure si ottiene qualche convulsione e moto, anche col contatto di due metalli, che sembrano in tutto eguali (la qual cosa è rarissima, e solo accade talvolta ne' primi momenti dopo la preparazione, quando la sensibilità de' nervi è somma) l' effetto sia dovuto anche allora a qualche impercettibile differenza fra di essi metalli.

Se la cosa è così, che resta più dell' Elettricità animale pretesa da Galvani, e dimostrata come parea dalle sue bellissime sperienze? Niente altro che la prodigiosa eccitabilità de' nervi inservienti alle sensazioni, e ai moti, massime volontarj, per lo stimolo del fluido elettrico messo in corrente da cause esterne; che vuol dire una disposizione meramente passiva riguardo ad una elettricità sempre estranea, ossia artificiale; di cui si risentono in qualità, diciam così, di semplici *elettrometri;* come infatti, sono elettrometri di una nuova specie, incomparabilmente più sensibili d' ogni altro Elettrometro.

OBSERVATIONUM

CIRCA

ELECTRICITATEM ANIMALEM

SPECIMEN

Abbiamo estratto il presente articolo dal Vol. 34.[e] Part. 2.[a] pag. 685. del Giorn. di Lipsia che ha per titolo: *Commentarii de rebus in Scientia naturali, et in Medicina gestis*.

Ineunte vere hujus jam prope labentis anni revocabar ad electricitatem, occasione phaenomenorum oppido mirabilium, quae suis tentaminibus Cl. Galvanius, Bononiensis Professor, detexit descripsitque, quibusque evicisse videtur, vigere perpetuo in animalibus cujusque speciei aliquam electricitatem ab ipsis, et in ipsis organis vi vitae sponte concitatam; scilicet fluidum electricum, rupto naturaliter aequilibrio, in nervis jam non quiescere, sed esse in continuo aliquo motu aut sese ex hac in aliam partem, quatenus redundat vel deficit, effundendi nisu. Quare experimenta illa omnia Galvanii primum iteravi, tum deducta ex iis consectaria ad examen revocavi, novis praecipue institutis de industria tentaminibus, quibus multa detegere nobis datum est, quae ipsum Galvanium aliosque physicos, eandem post illum viam ingressos, fugerunt.

Inter praecipuas quaestiones nondum constitutum est, num in experimentis Galvanii validissimae, quae excitantur, contractiones musculorum, et artuum motus, ob duplicem metalli attactum hinc

musculo, inde nervo animalis rite di ssecti, ac praeparati, qui motus electrico fluido, ab una ad aliam partem per arcum conductorem irrumpenti, deberi vix est qui dubitet, ideo eveniant, quod hocce fluidum sponte, seu vi ipsa organorum animalium, ad hanc vel illam partem tendat, quo in casu vera, ac propria ani malis electricitas dici mereretur, quodque Cl. Galvanius tuetur; num, inquam, aliquando saltem hoc ita fiat, an, quod pluribus in casibus aliter evenire jam prorsus demonstravi, metalla in experimentis adhibita, cum partibus animalium succo plenis admoventur, atque apte applicantur, per se ac propria virtute fluidum electricum, alias quietum, turbare, concitare, pellere queant, adeo, ut organa animalia non nisi passive sese habeant. Equidem metalla, quin et carbones lignorum optimos non solum perfectissima esse electricitatis *deferentia*, verum et jam *excitantia* ope simplicis contactus, indubiis nuper experimentis evici. Prius, scilicet metallis atque carbonibus ligneis electricitatem undecunque excitatam, h. e. ad aequilibrium, quod amiserat, restituendum nitentem, facillime traducendi vim inesse jam notum erat. Posterius vero, nempe iisdem corporibus posse electricae materiae aequilibrium turbari novamque creari electricitatem, meum inventum est. Debilem hanc profecto, ac communibus electrometris, quamvis exquisitis, nullo modo detegendam, sed quae nerveis fibris, quas forte offendit, musculisque convellendis par sit, absque ulla frictione, aliove artificio, modo apte applicentur aquae, aut

corporibus aqueo humore imbutis, cujusmodi sunt nervi atque musculi animalium sive viventium, sive recens enecatorum, revera excitant metalla carbonesque vi ac virtute propria, quatenus ipsa fluidum electricum impellunt coguntque ad ingressum vel egressum, e superficie, quam contingunt. At vero si duobus in locis positae sint hujusmodi armaturae nervorum metallicae, ex uno eodemque metallo conflatae, atque inter se aptissimo quovis conductore communicent, quid tunc expectandum? Fortasse utraque armatura fugiet vel evomet tantillum fluidi electrici, sed obsistent sibi invicem aequali nisu, atque adeo nullus ex una ad alteram eveniet transfluxus, circulatio nulla. Ergo ad diversa metalla confugiendum, quae prout inaequali, vel etiam contraria vi in attractum corpus agunt, transfluxum tunc satis magnae copiae fluidi electrici, si arcus conductor non desit, cient et usque promovent ab una scilicet ad aliam partem, quas ipsae armaturae obtegunt. Quae quidem partes si, ut et reliquae intermediae, satis deferentes sint, fluidum electricum jugiter in gyrum abripietur. Iam vero si illud in hoc continuo fluxu ac in qualibet circuitus parte nervos, sive sensui, sive motui inservientes, offendit, hos excitabit, ita, ut pro muneris, quod obeunt, diversitate aut sensationem pariant, uti in apice linguae contingit, quae sapore vel acido, vel alcalino afficitur juxta novissima mea experimenta, prout fluidum electricum ingreditur exitve ex ipso apice linguae, aut contractiones musculorum motusque artuum excitent, quod saepius evenit, cum nempe illud in

nervos crurales, aut brachiales, aut quoslibet motibus voluntariis dicatos, qui latissime patent, incurrit. En rationem phaenomenorum, quae fidenter nimis electricitati animali adscribuntur, *quaeque ego electricitati artificiali, sive extrinsecus excitatae, tribuere malim*.

At nullumne prorsus erit in omnibus Galvanii experimentis, quod illa jure sibi vindicare queat? Hoc equidem non ausim definire. Dico tantum, illa omnia, in quibus irrito successu metalla aequalia adhibentur, et, ut contractiones musculorum efficiamus, ad diversa confugiendum est, nihil valere ad veram ac propriam organorum electricitatem, activam nempe, adstruendam, cum illa organa passive se habere videantur. Porro ejusmodi casus, in quibus non nisi contactu metallorum diversae speciei excitari possunt motus musculares, sunt longe plures; paucissimi contra ea dantur, in quibus etiam ope ejusdem metalli contingunt, cumque vix percipienda diversitas aliquando efficiat, ut vel metalla ejusdem nominis ac speciei aliquibus edendis effectibus non imparia sint, valde dubitandum videtur, quominus tunc etiam, cum armaturae metallicae prorsus similes invicem esse videntur, et nihilo tamen minus excitandis motibus musculorum inserviant in partibus animalium praeparatorum, in quibus denudati nervi adhuc eximia pollent excitabilitate, inperceptibilis aliqua differentia in superficie saltem metallorum plus minusve aspera etc.: in caussa sit, cur fluidum electricum etiam hic ad transfluxum cieatur.

„ Etiam si tandem electricitas haec animalis activa in organis, quam Galvanius tuetur, iterum evanescat, stabit tamen incomparabilis ac miranda fibrarum, praecipue nervearum, excitabilitas, ope stimuli electrici. Ex altera quoque parte remanebit novum electricitatis artificialis principium, a me detectum, quod maximam huic scientiae lucem afferre potest, nempe vis ac virtus metallorum et carbonis concitandi atque pellendi fluidum electricum, ope simplicis contactus cum corporibus quibuslibet humidis ac per hanc ipsorum qualitatem deferentibus; id quod certis experimentis extra corpora animalia institutis confirmavi „ .

MEMORIA TERZA

SULL' ELETTRICITÀ ANIMALE

COMPRESA IN UNA LETTERA

DIRETTA AL SIGNOR

GIOVANNI ALDINI

PROFESSORE A BOLOGNA

Questa Memoria è stata estratta dal Giornale Fisico-Medico del Sig. Brugnatelli, Vol. I. dell'anno 1793. pag. 63.

24 Novembre 1792.

Ricevei due settimane sono al mio arrivo in Pavia il pregiatissimo foglio di V. S. Illustrissima de' 22 Ottobre, in cui mi avvisa, che dal Libraro Marelli di Milano mi verrebbe quanto prima trasmessa una copia della ristampa dell' opuscolo di Galvani, cui sono aggiunte varie annotazioni di Lei, ed una sua Dissertazione (*a*). Questo libro non mi è pervenuto ancora; ma ho potuto leggerlo per bontà del mio amico e collega Ab. Spallanzani, che me lo ha prestato; e molto piacere ho avuto nello scorrere sì quelle note, che la Dissertazione sua, erudita non solo, ma elegantemente scritta. Ella poi fa troppo onore ai miei piccioli ritrovati: di che le rendo umilissime grazie; siccome pure al Dottissimo e Gentilissimo di lei Zio Dott. Galvani,

(*a*) *Aloysii* Galvani ec. *De viribus Electricitatis in motu Musculari Commentarius*, *cum Joannis* Aldini, *Dissertatione et notis*. *Accesserunt Epistolae ad Animalis Electricitatis theoriam pertinentes*, Mutinae MDCCXCII.

per i saluti che mi manda, e pel conto in cui Egli tiene me e le poche cose mie.

§. 1. Non so s' Ella abbia vedute e lette per intiero le mie due Memorie sull' Elettricità Animale pubblicate nel *Giornale Fisico-Medico* del Dottor Brugnatelli. L' ultima parte della seconda memoria non era ancora uscita, quando V. S. Illustr. pubblicò colla nuova edizione del Commentario di Galvani la sua dissertazione e le note. In quella parte io son tutto a provare, che su' nervi, e sopra essi soli, agisce direttamente l' elettricità, sia artificiale blanda, sia propria animale; che non è punto necessario che il fluido elettrico trascorra per la via di quelli fino ai muscoli; molto meno che siegua alcuna scarica tra nervo e muscolo, o tra l' interna e l' esterna faccia di questo, come opina il lodato Autore: che basta che il nervo solo venga stimolato da esso fluido, il quale ne attraversi anche solo un brevissimo tratto, perchè eccitata di tal nervo l' azione, produca egli poi da se (in qual modo confessiamo pure di non saperlo) la contrazione del muscolo soggetto: che insomma il fluido elettrico non è causa *immediata*, nè anche in qualità di stimolo, dei moti muscolari, ma *mediata* soltanto, causa occasionale e rimota, terminandosi la sua azione propria a stimolare ed eccitare i nervi. Se la cosa è così, come le osservazioni addotte nella citata mia Memoria, e molte altre concorrono a provare, la teorìa e le spiegazioni di Galvani, ch' Ella si studia di appoggiare, cadono in gran parte, e tutto l' edificio minaccia rovina. Restano però sempre i materiali, che

sono i bellissimi ritrovati delle di lui sperienze originali, e le nuove scoperte, cui quelle prime han dato occasione; sì restano cotai preziosi materiali per un' altra fabbrica, se non più bella, almeno più consistente, che si potrà inalzare.

§. 2. Tralle moltissime sperienze, le quali mostrano, che tutto il giuoco è dei nervi, e che basta per mettere in contrazione i muscoli, e muovere tutto un membro, che una debole corrente di fluido elettrico invada pochi punti del nervo reggitore, e una porzione soltanto di lui, anche picciolissima, ne comprenda nel suo giro, lasciando in disparte il resto di esso nervo, e molto più il muscolo o muscoli dipendenti; tralle moltissime sperienze, dissi, che ciò dimostrano, parecchie ne ho io descritte già nella citata memoria seconda dal §. 54 al 60, e alcune altre dell' istesso genere, che la semplicità rende ancora più rimarcabili, mi permetta ch' io le ponga quì sott' occhio.

Snudato uno, od ambedue i nervi crurali della rana, o l' ischiatico di un agnello, o di altro animale, tocco e premo il nervo coll' orlo di una lastra d' argento o d' oro, es. gr. una moneta; e vedo che nulla succede (eccitasi per avventura qualche convulsione e moto degli arti ne' primi momenti quando il nervo scoperto è ancor tanto sensibile, che si risente ad ogni urto e toccamento; ma presto non dà più segno alcuno toccato e compresso come che sia: e in tale stato è che io lo tento co' mezzi, che vado a descrivere): lo tocco e premo coll' orlo di una lastra di stagno, e nulla parimente osservo:

lo tocco finalmente cogli orli congiunti d'ambe le lamine: ed ecco che si eccitano fortissime contrazioni nei muscoli della gamba, la quale si scuote e sbatte furiosamente. Toccando nell'istesso modo la punta della lingua, si sente un vivo sapore, che lambendo sia l'uno, sia l'altro metallo separatamente, punto non si sente: quale sperienza fui molto sorpreso di apprendere, ch'era già stata riportata da Sulzer. Cotali prove sopra i nervi possono variarsi in più modi, ed uno de' più belli è tenendo premuto il nervo colla moneta d'argento, d'applicare a questa un pezzetto di lamina o foglia di stagno, e strisciandovela sopra giungere fino al contatto del nervo medesimo: al momento che si arriva a questo doppio contatto, ecco le contrazioni veementi de' muscoli, le quali si rinnovano se a riprese si ripete la prova, oppur si sostengono lunga pezza senza quasi intermissione, se il doppio contatto si mantiene; non altrimenti che continua a sentirsi nelle prove analoghe il sapore sulla lingua: più poi che col continuo contatto de' due metalli giungono al sommo le convulsioni spasmodiche e presentano uno de' più forti *tetani*, se rimanendo un solo metallo constantemente applicato al nervo, l'altro si stacca a brevi istanti, e ritorna a toccare, e ciò più volte di seguito con qualche celerità. Invece di foglietta semplice di stagno adopero sovente di quella carta, che chiamano impropriamente d'argento, e che è carta coperta di foglio di stagno (la quale incontrandosi ben lucida e di buona qualità suole fare meglio delle lamine

di stagno ordinario), osservando bene che cotesta foglia tocchi immediatamente la lastra o moneta di argento, siccome pure che il nervo (o la lingua, nelle sperienze sopra di lei) venga toccato da essa foglia di stagno lucente, e non dalla sola carta nuda, come accader può se per avventura prenda questa una non buona piega. Io dunque per essere più sicuro del fatto duplico la carta ripiegandola in modo, che la faccia metallica resti tutta all' infuori, e alla moneta d' argento l' applico in guisa, che ne resti la piegatura (non acuta ma bene alquanto tondeggiante) rivolta verso il nervo; onde poi facendola scorrere abbasso ne lo tocchi essa foglia metallica in più punti, e venga a meglio combaciarlo.

§. 3. In tutte queste sperienze è pur chiaro, che i soli nervi sono affetti, anzi pure pochi punti de' medesimi lo sono nel brevissimo tragitto, che fa il fluido elettrico, dal luogo ove il nervo combacia lo stagno, all' altro vicinissimo ove combacia l' argento; e che di questa qualsiasi corrente elettrica son causa originaria i metalli medesimi, per essere diversi: essi cioè sono in un proprio senso *eccitatori* e *motori*, mentre l' organo animale, i nervi medesimi non sono che *passivi*. Or questi nervi vellicati in tal modo dal fluido elettrico, se sono quelli sulla punta della lingua inservienti al gusto, nasce corrispondentemente una sensazione di sapore (*a*); se quelli invece che influiscono direttamente

(*a*) Se quelli (aggiungasi pure) di un' altro senso, cioè

sulle contrazioni muscolari e moti degli arti, come i nervi crurali, brachiali ec., eccitansi, giusta il loro officio, queste contrazioni e moti: eccitansi, dico, non già perchè il fluido elettrico scorra fino ai muscoli flessori ed elevatori, che ciò non ha luogo in tali nostre prove, limitandosi il suo trascorrimento, come si è detto, e come manifestamente appare, ad una porzioncella solamente di que' nervi; ma per una virtù ed azione propria di detti nervi, che i muscoli tutti inservienti ai moti volontarj regge e governa in modo, che stimolati essi nervi, vengono, per consenso, dirò così, giacchè il come non s' intende ancora, stimolati codesti muscoli, e messa in giuoco la loro irritabilità.

§. 4. Ho detto, che mi fece non poca sorpresa il trovare, che fosse già da tanto tempo conosciuta l' esperienza del sapore agro eccitato sulla lingua, quando alla sua punta s' applicano insieme i bordi di due lamine; una di piombo, l' altra d' argento, congiunte appunto bordo a bordo. Questa sperienza riferita da Sulzer, son più di 25 anni (*a*), mi era affatto sconosciuta, e ne deggio la notizia a VS. Ill., che nella sua dissertazione ne fa menzione al §. 21. recando il passo dell' Autore quasi per intiero. Or

---

della vista, eccitasi una sensazione di luce, come ho scoperto poco dopo scritta questa lettera, e ne ho già fatto parte al Pubblico.

(*a*) *Nouvelle Théorie des Plaisirs*, par M. Sulzer, *avec des Réflexions sur l'Origine du Plaisirs*, par M. Kaestner 1767.

questo amabile Filosofo Svizzero e celebre Accademico di Berlino, che ho avuto la sorte di conoscere e trattare amichevolmente negli ultimi anni della sua vita, tutt' altra idea si era fatta in quelle sue metafisiche e fisiologiche speculazioni, e tutt' altra spiegazione volle darci del fenomeno, come apertamente si rileva dal suo passo intiero (*a*); e non ebbe neppur sospetto, che ne fosse cagione il fluido elettrico mosso pel contatto di que' metalli dissimili, e trascorrente dai punti della lingua combaciati dall' uno ai punti combaciati dall' altro, come io ho scoperto e dimostrato. Altronde quella sola sperienza, che si conobbe prima delle mie scoperte, e fatta in quella sola maniera, giacchè non si trova che fosse mai variata, è una delle cento che io fo in altrettanti modi diversi: nè da quella pure ho

(*a*) » Cette supposition paroit confirmée par une expé» rience assez curieuse. Si l'on joint deux pièces, l'une de » plomb, et l'autre d'argent, de sorte que les deux bords » fassent un même plan et qu'on les approche sur la lan» gue, on en sentira quelque goût, assez approchant au » goût de vitriol de fer; au lieu que chaque pièce a part « ne donne aucune trace de ce goût. Il n'est pas proba» ble, que par cette jonction des deux métaux, il arrive » quelque solution de l'un ou de l'autre, et que les par» ticules dissoutes s'insinuent dans la langue. Il faut donc » conclure, que la jonction de ces métaux opére dans » l'un ou l'autre, ou dans tous les deux, une vibration » dans leurs particules, et que cette vibration, qui doit » nécessairement affécter les nerfs de la langue, y pro» duit le goût mentionné. » Op. cit. Part. III in una nota.

cominciato, come sembra che Ella supponga; mentre anzi fu delle ultime, a cui giunsi per una serie di altre molte suggeritemi mano mano dall' applicazione de' miei principj.

§. 5. Cominciai dunque dall' adattare un largo pezzo di foglietta di stagno alla punta della lingua, e più indietro sul dorso della medesima, e vicino alla sua radice una moneta d' argento: quali armature metalliche facendo poi comunicare per mezzo di un arco di fil di ottone, od altro metallo qualunque, eccitavasi tosto sulla punta della lingua il sapore acido assai vivo. Fu questa la prima scoperta, a cui aggiunsi tosto l' altra del sapore affatto diverso, cioè acre, urente, e se non decisamente alcalino, tirante all' alcalino, che si sente (più difficilmente però, essendo d' ordinario assai più debole, e sovente impercettibile) quando si fa l' esperienza inversamente, con applicare cioè alla punta della lingua l' argento, e lo stagno al dorso, o ad altra parte della medesima (*a*). Ora riflettendo, che quel filo d' ottone, od altro intermedio metallo, ch' io impiegava a modo d' arco conduttore, non era altrimenti necessario, potendo compiere un tal officio, ossia servire alla richiesta comunicazione delle due armature, un capo della stessa lamina d' argento, o della stessa lamina di stagno, prolungato fino al mutuo contatto, m' appigliai ben tosto a questo comodo spediente, ora in una or in un' altra maniera;

(*a*) Vegg. la seconda Memoria verso il fine.

ora ex. gr. applicando al dorso della lingua la parte larga e convessa di un cucchiajo d' argento, e venendo quindi giù a toccare col suo manico la foglia di stagno posta sulla punta della lingua; ora ripiegando addosso al cucchiajo la stessa foglia di stagno, o carta così detta d' argento, applicata alla punta della lingua in modo, che un lungo pezzo ne sopravanzava; ora altrimenti. Facendo e rifacendo in varie guise queste sperienze, ebbi occasione di osservare, che posta un' armatura nella punta della lingua, poteva porsi l' altra anche vicinissima sulla lingua medesima, sulle gengive, o sull' interiore delle labbra; e che non era neppur necessario, che fossero tali armature estese molto, bastando anzi il combaciamento di pochi punti: conforme a quanto trovato già avea, che bastano picciolissime armature dei soliti stagno e argento, o di altri metalli, purchè diversi tra loro, poste sopra un nervo, ed anche sopra un nudo muscolo, e confinanti lembo a lembo, non che vicine l' una all' altra, bastan, dico, tali picciolissime e prossime armature, ove s' induca la necessaria comunicazione tra loro mediata od immediata, ad eccitare le contrazioni ec. Così dunque anche sulla lingua mi riusciva benissimo l' esperimento del sapore, adoperando qual si fosse picciola moneta od altra picciola laminetta, d' argento, d' oro, di rame od ottone, se toccando con questa laminetta in qualunque maniera pochi punti della nuda lingua ai confini dell' armatura di stagno o di piombo ricoprente similmente pochi punti dell' apice di essa lingua, veniva finalmente a far toccare un

metallo coll' altro. Allora mi suggerì di far la prova con sovrapporre ad una lamina d' argento una listerella di foglia di stagno, oppur della solita carta inargentata a falso, e così applicata tal listerella sulla lamina d' argento, o bordo a bordo, o in linea trasversale, portare la punta della lingua o premerla alquanto contro ambedue i metalli su quella linea di confine, sicchè alcuni punti di essa lingua combaciassero lo stagno, alcuni l' argento; e il successo corrispose all' aspettazione: cioè sentii vivissimo il sapore acido (*a*). Ecco dunque come venni, dopo una serie di tentativi, a coincidere coll' antica sperienza riportata da Sulzer, la quale sperienza unica, ed isolata, non essendo neppure a mia cognizione, come già dissi, non ha potuto darmi alcun lume.

§. 6. Ella riconosce citando codesta sperienza, ch' io sono stato condotto alle mie tanto più estese ed alla spiegazione della medesima affatto diversa dall' antica di Sulzer, mercè di altri principj e di altre congetture. Non è però quello ch' Ella suppone il raziocinio, che mi ha spinto e guidato in tale indagine (*b*): cioè che i nervi uniti a' corpi deferenti effondano l' elettrico vapore, il quale ove venga re-

---

(*a*) Dovrebbe per parte dell' argento sentirsi anche l' altro sapore alcalino; ma sendo questo in confronto assai più debole, come ho poco sopra accennato e lo avea già fatto osservare in fine della seconda Memoria, non si distingue, e domina quello solo che prevale, cioè il sapor acido per parte dello stagno.

(*b*) Vegg. la Dissertazione di Aldini §. XXI.

stituito ai muscoli, a' quali tende, ecciti qualche contrazione, od impressione. Che però fossero a cercare nell' uomo de' nervi, che presentandosi quasi allo scoperto, facilmente armar si potessero con lamina metallica: quali nervi offre appunto la lingua ec. Nò, non fu questo il mio raziocinio, nè tale potea essere, dacchè considerando io le armature, ogni qual volta sono di due metalli diversi, non più quai semplici conduttori, ma quai veri eccitatori e motori del fluido elettrico, teneva che *passivi* soltanto fossero gli organi animali, e le parti loro contigue o vicine a quelle armature dissimili: che niuna mossa cioè dessero per se stessi nè i nervi nè i muscoli al fluido elettrico; ma bene i metalli per propria virtù e forza spingendolo o tirandolo, e sì l' uno più dell' altro, per essere di specie diversa, es. gr. stagno e argento, nè lo venissero a togliere dal naturale equilibrio e riposo, e a mettere in corso.

§. 7. Ciò sembra indubitato per tutte quelle sperienze almeno, in cui, come scopersi son già molti mesi e pubblicai nelle già citate due Memorie, s' ottengono i moti muscolari senza denudare alcun nervo, con applicare ai muscoli soli eziandio compagni, e finanche a due parti dell' istesso muscolo le armature dissimili, e farle quindi immediatamente, o coll' interposizione di un terzo metallo comunicare. Sembra, dissi, indubitato per tutte queste sperienze: giacchè per le altre fatte collo snudare ed isolare i nervi alla maniera di Galvani, ed indurre poi per mezzo di un' arco conduttore una

comunicazione tra essi e i muscoli dipendenti, è ancora indeciso, e a mio parere molto dubbio, se ciò che V. S. Ill. crede col prefato Autore succedere in tutti i casi, accada pur qualche volta, ne' primi momenti, p. e. dopo la preparazione, fintantò che le forze vitali sono ancora nel lor pieno vigore, cioè che il trascorrimento del fluido elettrico, onde sono occasionati i violenti moti muscolari provenga realmente da una scarica di esso fluido, il quale sovrabbondi o dalla parte dei nervi, o da quella dei muscoli, e tenda quindi per propria forza a ristabilirsi. Dico *qualche volta, e ne' primi momenti*, quando cioè si eccitano le convulsioni e moti, anche toccando con metalli dell' istessa specie di quà i muscoli, di là i nervi, e fin talora toccando questi soli con un solo metallo. Perchè poi quando (il che succede dopo pochi momenti, e dura in seguito assai più lungo tempo) è necessario per ottenere le contrazioni e moti muscolari ricorrere ai diversi metalli od armature dissimili, gli è allora pure da credersi, e io tengo per certo, che da codesti metalli muova originariamente l' elettricità, e che gli organi animali sieno quì pure meramente passivi, come sopra si è detto. Tale è la mia costante opinione per questi casi anche dei nervi snudati, cui sia necessario, per eccitare le solite convulsioni, far che combacino un metallo diverso da quello che combaciano i muscoli: checchè ne sia di quei pochissimi casi, ne' quali servono anche metalli od armature, che ci sembrano simili; ma forse non lo sono intieramente (intorno a

che molte osservazioni potrei quì fare, ma le riservo ad altro luogo): tale ella è per tutti gli altri casi senza eccezione, in cui si ottengono i moti de' muscoli applicando ambedue le armature, sempre però di metalli diversi, ad alcuna loro parte esterna senza mettere allo scoperto alcun nervo, senza armare nervo e muscolo separatamente alla maniera di Galvani: e tale pur era fin prima che stendessi la mia seconda Memoria *sull' Elettricità animale*, che venne poi inserita ne' due quaderni di Giugno e Luglio del giornale *Fisico Medico di Pavia*.

§. 8. Fu dunque ben diverso il raziocinio e il filo, che mi condusse alle nuove sperienze sulla lingua da quello, che V. S. Ill. mi attribuisce; e fu quest' altro cavato per sola analogia dalle antecedenti mie sperienze, indipendentemente da qualsiasi spiegazione. Non le dispiaccia pertanto ch' io glie lo esponga, come l' esposi in una lettera scritta in francese nel passato Agosto al Signor Tiberio Cavallo per essere presentata alla Società Reale di Londra.

„ Étant parvenu à exciter des convulsions toni-
„ ques, et les mouvements les plus forts dans les
„ muscles, et dans les membres, non seulement
„ des petits, mais des grands animaux, sans de-
„ couvrir aucun nerf, et par la simple application
„ des armures de différents métaux aux muscles
„ dénués des intéguments; je pensai bientôt si
„ on ne pourroit pas obtenir la même chose dans
„ l'homme. Je conçus que la chose réussiroit très-

» bien dans les membres amputés. Mais dans
» l'homme entier et vivant comment faire? Il au-
» roit fallu aussi ôter les intéguments, faire des
» incisions profondes, emporter peut-être même
» une partie des chairs aux endroits sur lesquels
» on alloit appliquer les lames métalliques, com-
» me j'ai fait remarquer, que je dois faire souvent
» aux parties charnues des grands animaux etc.
» Heureusement il me vint dans la tête, que nous
» avons dans la langue un muscle nu, depourvu
» au moins des intéguments épais dont sont cou-
» vertes les parties extérieures du corps, un mus-
» cle assez humide, très-mobile d'ailleurs, et obéis-
» sant aux ordres de la volonté. Voila donc, me
» disois-je, toutes les conditions requises pour
» pouvoir y exciter des vifs mouvements par l'ar-
» tifice ordinaire des armures différents. Dans cette
» vüe je fis sur ma propre langue l'expérience sui-
» vante.

» Ayant revetu la pointe de la langue, et une
» partie de sa face supérieure dans l'étendue de
» quelques lignes d'une feuille d'étain (le papier
» qu'on dit improprement argenté est le plus à
» propos) j'appliquai la partie convexe d'une cueil-
» ler d'argent sur le dos de la langue, et en en-
» clinant cette cueiller je portai sa queue jusqu'au
» contact de la dite feuille d'étain. Je m'attendois
» à voir tremblotter la langue: et je faisois pour
» cela l'expérience devant un miroir. Mais les mou-
» vements, que j'avois osé prédire n'arriverent
» pas; et j'eus, au lieu de cela, une sensation, à la

» quelle je ne m'attendois nullement : ce fut un
» goût aigre assez fort sur la pointe de la langue.
» Je fus d'abord fort surpris de cela ; mais réfle-
» chissant un peu à la chose je conçus aisement,
» que les nerfs qui aboutissent à la pointe de la lan-
» gue, étant les nerfs destinés aux sensations de
» goût, et nullement aux mouvements de ce mus-
» cle ; il étoit tout à fait naturel, que la force ir-
» ritante du fluide électrique mu par l'artifice ordi-
» naire des armures métalliques différentes excitàt
» ici une saveur, et rien autre chose : que pour
» exciter dans la langue les mouvements, dont elle
» est susceptible, il faudroit appliquer l'une des
» dites armures auprès de sa racine, où s'implan-
» tent les nerfs destinés à ces mouvements : ce que
» je vérifiai bientôt par cette autre expérience.
» Ayant coupé à un agneau tout recemment égor-
» gé la langue près de sa racine, j'appliquai une
» feuille d'étain près de cet endroit de la coupure,
» et sur la playe même, et la cueiller d'argent à
» une de ses faces ; procédant alors à établir une
» communication, comme il faut, entre ces deux
» armures métalliques, j'eus le plaisir de voir la
» langue entière tremousser vivement, lever sa poin-
» te, se tourner et se replier de part et d'autre,
» chaque fois et tout le tems qu'une telle commu-
» nication avoit lieu.
» J'ai répété cette expérience sur une langue de
» veau, que je posai armée de la même manière
» de la feuille d'étain près de sa racine, sur un plat

» d'argent, pour qu'il fit l'office de l'autre armure;
» et le succès fut le même. Je l'ai répétée aussi sur
» la langue d'autres petits animaux, comme souris,
» poulets, lapins, etc. et j'obtins presque toujours
» l'effet. Je dis presque toujours, car quelques fois
» il manqua dans la langue des petits animaux, soit
» que la feuille d'étain ne fût pas appliquée con-
» vénablement à l'endroit juste, où les nerfs qui
» régissent le mouvement de la langue y ont leur
» insertion; soit que la langue réfroidie eût déjà
» perdu sa vitalité, qui ne dure guères long-tems
» dans les nerfs et muscles des animaux a sang
» chaud, et particulièrement dans la langue. »

Ho voluto quì trascrivere questo lungo squarcio di lettera per mostrare a V. S. Ill. come io pensava già parecchi mesi sono, e la traccia, che ho seguita nelle sperienze, che mi hanno condotto a nuove scoperte. Ora terminerò la presente, già troppo prolissa, col farle parte di una picciola scoperta di queste ultime settimane.

§. 9. Ho dunque trovato, che il carbone di legna ben cotto, riconosciuto già per eccellente conduttore, poco o nulla inferiore agli stessi metalli, si comporta come questi anche in ciò, che mostrasi pur esso eccitatore e motore di elettricità, ove faccia officio di armatura, ossia combaci convenientemente le parti animali, od ogni altro corpo assai umido, e meglio l'acqua stessa. Quello, che sembra più mirabile è, che il carbone sta, in ordine a tal virtù, non già colla classe de' metalli, che ho

chiamata inferiore (*a*), e che comprendeva stagno e piombo, cui ho in seguito aggiunto lo zinco; e neppure colla media, in cui avea posto il ferro, il rame, l'ottone, e in appresso anche l'antimonio, il bismuto, e il cobalto; ma bensì colla superiore comprendente argento, oro, platina, mercurio. Con questi dunque va di paro il carbone, anzi gli supera tutti, e fin l'argento, ch'io avea posto in cima: di maniera che il più vivo sapore, che mai possa eccitarsi sulla lingua, non è più collo stagno e l'argento; ma collo stagno e il carbone (che sia però carbon perfetto; giacchè non tutti i pezzi di carbone presi all'azzardo riescono bene); sapore acido al solito, se la punta di essa lingua bacia e preme lo stagno; alcalino, e ben acre ed urente, se bacia e preme il carbone. In conformità di questo è lo stesso carbone superiore all'argento, all'oro, e agli altri metalli molto più, trattandosi di eccitare, invece del sapore sulla lingua, le contrazioni e moti negli altri muscoli volontarj; i quali moti e convulsioni si ottengono da questi muscoli e membri anche troncati e recisi e in cui si crederebbe spenta ogni vitalità, assai più facilmente, che il sapore nella lingua sana ed intiera, massime che il sapore alcalino. Che detti metalli, e fin l'argento, stian sotto, e di molto al carbone, come all'oro ed argento stan sotto l'ottone e il ferro, è altresì provato da ciò, che si sente dalla punta della lin-

---

(*a*) Vegg. la mia seconda Memoria §. 72. e la nota ivi.

gua pur anco il sapor acido, sebben debole, portandola a toccare esso argento, e. g. una moneta, mentre tiensi applicato al suo dorso il pezzo di carbone, e lo si avanza fino al contatto di essa moneta: non altrimenti che sente essa punta della lingua il medesimo sapore acido, e all' istesso grado presso a poco dall' ottone e dal ferro, confrontati per egual maniera coll' argento ec.

Mi restano molte cose ancora a dirle concernenti la sua bella Dissertazione latina, ed altre mie sperienze ed osservazioni; ma ciò sarà in una o più altre lettere.

Sono intanto ec.

NUOVA MEMORIA
SULL'ELETTRICITÀ ANIMALE

DIVISA IN TRE LETTERE

DIRETTE AL SIGNOR

ABATE ANTON MARIA VASSALLI

PROFESSORE DI FISICA NELLA R. UNIVERSITA'
DI TURINO.

LETTERA PRIMA (1)

Che pensa Ella della pretesa Elettricità Animale? Per me sono convinto da un pezzo, che tutta l'azione procede originariamente dai metalli combacianti un corpo umido qualunque, o l'acqua stessa; in virtù del quale combaciamento viene spinto avanti il fluido elettrico in esso corpo umido od acqueo dai metalli medesimi, da quale più, da quale meno (più di tutti dal zinco, meno quasi di tutti dall' argento); onde indotta una comunicazione non interrotta di acconci conduttori è tratto esso fluido in un continuo giro. Se di questo circolo conduttore pertanto, ed in qualunque sua parte, facciano anello di comunicazione i nervi crurali della rana tagliata in guisa, che per questi soli debba passare ristretta tutta o quasi tutta la corrente elettrica, o qualsisia altro nervo inserviente al moto di qualche arto, e di qualsisia altro animale, nel tempo e fino a tantochè mantengono tali nervi

(1) Estratta dal Giorn. Fisico Medico del Sig. Brugnatelli Vol. 2.° pag. 248 dell' anno 1794.

un resto di vitalità; ecco che i muscoli e i membri obbedienti a tali nervi si convellono, tostochè compiendosi il circolo dei conduttori si dà luogo a tal corrente elettrica, e tutte le volte che interrotto a bella posta si compie di nuovo esso circolo. Se in vece dei nervi inservienti al moto trovansi nel circolo quelli dell'apice o bordi della lingua inservienti al gusto, oppur quelli inservienti alla visione, si eccita la sensazione corrispondente di sapore o di luce; e queste sensazioni, e questi moti tanto più vigorosi, quanto i due metalli impiegati son più distanti fra di loro nell'ordine che vengono quì appresso nominati: zinco, foglio stagnato, stagno comune in lastra, piombo, ferro, ottone e bronzi di di varia qualità, rame, platina, oro, argento, mercurio e piombaggine: ai quali debbono aggiungersi per ultimo alcuni carboni di legna, quelli cioè che riescono deferenti quasi al pari dei metalli; giacchè gli altri o non servono, o male.

Queste sperienze, tra le molte maniere che io ho trovato di poterle fare e variare, riescono in particolar modo sorprendenti ed espressive nella seguente. Siano quattro o più persone isolate, od anche co' piedi sul pavimento, se questo non è umido molto; e comunichino, ossia faccian catena fra di loro, uno toccando col dito la punta della lingua al vicino, un altro toccando similmente il nudo bulbo dell' occhio all'altro suo vicino, ed altri due tenendo con le dita bagnate, pei piedi l'uno, l'altro pel dorso, una rana preparata di fresco, cioè scorticata e sventrata; finalmente il primo della fila im-

pugnata colla mano pure bagnata una lastra di zinco, e l'ultimo una d'argento, le portino al mutuo contatto: nascerà all'istante sull'apice della lingua toccato da chi tiene nell'altra mano il zinco, un sapor acido; nell'occhio toccato dal dito di un altro un lampo di luce; e le gambe della rana tenuta tra le due mani si convelleranno violentemente.

Ecco dunque il fluido elettrico, che scorre ed attraversa tutta quella catena di persone: le quali se si domanda perchè non si risentano di alcuna scossa nelle braccia ec., è facile rispondere, che la corrente non è abbastanza grande e impetuosa per ciò; ma che lo è bene per eccitare quei nervi che sono sensibilissimi, e pel sentiero de' quali passa il detto fluido raccolto e ristretto, cioè i nervi del gusto, che si presentano quasi a nudo sulla punta e bordi della lingua, quei della visione esistenti in fondo all'occhio, e i crurali della rana sventrata, i quali tutti trovansi sul passaggio della corrente elettrica nella sperienza di cui parliamo.

Or cosa mai vi è quì, che indichi *Elettricità animale*, vale a dire propria e originaria degli organi? E non è anzi più probabile che sian essi meramente passivi, semplici elettrometri molto sensibili, e attivi in vece i metalli; cioè che dal contatto di questi venga originariamente dato l'impulso al fluido elettrico; che in somma siano tai metalli non semplici conduttori, o deferenti, ma veri motori di elettricità? Che dico più probabile? Egli è pure evidente, che tutto quì dipende dai metalli; e sì dalla loro diversa qualità, necessario essendo per la riuscita

delle sperienze, di cui si tratta, che siano due metalli dissimili: condizione soprattutto e assolutamente indispensabile. Anzichè dunque chiamarsi *Elettricità animale*, potrebbe dirsi a più buon dritto *Elettricità metallica*.

Nè mi si opponga, che qualche volta si ottengono i moti della rana preparata alla maniera di Galvani, anche impiegando i metalli dell'istessa qualità da una parte e dall'altra, cioè argento e argento, mercurio e mercurio, stagno e stagno, ferro e ferro. Sì, s'ottengono (non sempre però) ne'primi momenti, quando l'animaletto preparato nella miglior maniera è ancora tanto eccitabile, che per un nulla si risente. Ma come assicurarsi, che siano perfettamente e in tutto eguali i metalli che s'adoprano? Lo siano pure di nome e nella sostanza: ma le qualità accidentali di durezza, di tempera, di levigamento e lucidezza nella superficie, di calore ec. possono farli differire abbastanza in ordine all'azione elettrica, al potere cioè di spingere il fluido elettrico nel corpo umido che combaciano, od attrarlo, non altrimenti che simili differenze ed altre circostanze fanno (come è noto già dalle sperienze di Canton, Bergmann, Cigna, Beccaria ec.), che gli stessi metalli, ed altri corpi, trovinsi più o men atti a *dare* o *ricevere* del fuoco elettrico eccitati collo stropicciamento. È pur provato che di due idioelettrici dell'istessa materia e qualità, che si fregano un contro l'altro, il più scabro, o il più caldo, o quello che soffre maggiore strofinamento *dà*, l'altro *riceve*. Così anche un conduttore perfetto

od imperfetto, un metallo, una pietra, un legno ec. scabri da un lato, levigati e forbiti dall' altro, danno o ricevono da un nastro di seta, dalla carta bianca, dall' avorio, da un altro legno ec.: secondo che si fanno a stropicciar questi colla superficie scabra o colla liscia, più o men caldi gli uni o gli altri, per il lungo o per il traverso ec. Or dunque penso io che anche lo smovimento del fluido elettrico, che accade per sola copula o sia combaciamento de' metalli co' corpi umidi o coll' acqua, senza bisogno di confricazione sensibile (come provano le nuove sperienze), possa venire similmente determinato, e più o meno promosso, talchè dirigasi la corrente or in un senso, or nell' altro opposto, per differenze anche piccole nella durezza e tempera, nel grado di calore, nel levigamento e lucentezza, che incontrinsi tra uno ed altro pezzo di argento, di ottone, di ferro, di piombo, creduti simili, ed anche tra un capo e l' altro dell' istessa verga e lamina metallica.

Non contento però delle sole congetture, tuttochè fondate sopra buoni argomenti di analogìa, ho voluto vedere con l' esperienza se e quanto le anzidette qualità accidentali influivano all' azione dei metalli sul fluido elettrico, della quale si tratta. Fatto dunque un arco di un grosso filo di ferro crudo ed elastico, provava se intingendo i suoi due capi ne' due bicchieri d' acqua, in cui pescava una rana puntualmente e di fresco preparata, cioè colle gambe posteriori in uno, col dorso o colla spina vertebrale (se questa sola era rimasta) nel-

l' altro, mi riuscisse di farla convellere e saltare; e sulle prime per lo più mi riusciva infatti, cioè per due, tre, quattro volte; a capo però di qualche minuto non più; e debbo dire anche che procuratimi diversi archi di ferro, ne incontrai più d' uno, che non facea niente neppur da principio. Lo stesso mi avvenne con alcuni archi d' argento, e con alcuni d' ottone, che trovai inefficaci ad ogni prova. V' è dunque tutta la ragione di credere, che questi inetti riuscissero, giusto per essere in ambe l' estremità perfettamente eguali di tempera, e in tutto; e perciò equipollenti: il che non era degli altri; siccome cosa che difficilmente e rare volte accader dee, che incontrisi cioè un eguaglianza veramente e di tutto punto compita. Or dunque trovato, con saggiarne molti, uno di tali archi di ferro, che non facesse nulla neppur da principio, ed altre volte aspettato che fosse indebolita la rana, e resa non più eccitabile da uno di quegli altri valevoli sulle prime a commoverla (il che succede ben presto), tuffava nell' acqua bollente un capo di tal arco per qualche mezzo minuto, indi trattolo fuori, e senza darli tempo di raffreddarsi, ritornava all' esperienza sopra i due bicchieri d' acqua fresca: ed ecco che la rana a bagno si convelleva; e ciò anche due, tre, quattro volte, ripetendo la prova; finchè raffreddata per tali immersioni più o men durevoli e ripetute, o per una più lunga esposizione all' aria, l' estremità del ferro intinta già nell' acqua calda, ritornava codesto arco inetto del tutto ad eccitare le convulsioni dell' animale. Che se io passava ad ar-

roventare un capo di questo ferro, e a raddolcirne così la tempera, l'altra estremità rimanendo cruda, acquistava il medesimo la proprietà di eccitare le commozioni nella rana sottoposta alla prova, anche dopo raffreddato, e per assai lungo tempo, fino cioè che l'animaletto non fosse molto indebolito.

Dalle quali sperienze viene dimostrato, che se il calore come tale fa già qualche cosa; la qualità della tempera fa molto più, ed abilita l'istesso metallo, cioè le due parti del medesimo diversamente temperate, ad agire nel contatto dell'acqua o dei corpi bagnati sopra il fluido elettrico diversamente, ossia con inegual forza; come se fossero due diversi metalli.

Ho ripetute le stesse sperienze sopra lamine d'ottone, d'argento, e di stagno; e coll'istesso evento. Se non che i gradi di tempera essendo più marcati, ed avendo maggior estensione nel ferro, che in questi altri metalli, le differenze nell'azione elettrica da ciò dipendenti riescono in quello anco più notabili e insigni: talchè si può aver maggior effetto contrapponendo nelle sperienze di cui si tratta ferro a ferro di diversa tempera, di quello si ottenga con due metalli di qualità diversa, poco distanti però in ordine al lor potere elettrico, come sarebbe oro, ed argento, rame e ottone, ottone e ferro, piombo e stagno in lastra. Che più? Mi sono incontrato in qualche lamina di ferro, i di cui estremi tal differenza di azione presentano, dipendente non sò se dalla sola tempera o da altro, che maggiore non manifestasi tra me-

talli distanti di più gradi, come piombo ed argento; tantochè giungono al par di questi, non che ad eccitare vivissime contrazioni e spasmi nei muscoli della rana, anche intera e intatta, o al più scorticata; ma fino a produrre, applicati come conviene alla lingua, il sapor acido abbastanza sensibile.

Riguardo al pulimento e lucido metallico ho trovato, che quando due pezzi dell' istessa lamina di piombo, applicati uno al dorso, l'altro alle gambe della rana preparata nella miglior maniera (che è quella di non lasciare per comunicazione del tronco con esse gambe, altro che i nudi nervi crurali), non valgono ad eccitare alcun moto o contrazione de' muscoli, basta raschiare uno di tai pezzi di piombo col temperino in guisa, che lucido appaja come specchio, ed applicarlo di nuovo con tal superficie forbita e splendente al luogo di prima, per produrre l' effetto: la quale virtù così acquistata torna a perdersi in più o men breve tempo, collo smarrire che fa il metallo in contatto dell' aria tal lucido brillante. Che se ambedue i pezzi di piombo si rendano egualmente lucenti e forbiti, non riesce più l' esperienza, o non così bene, come allorchè lo è reso un solo.

Del resto quando ho posta tutta la cura, acciò le due armature metalliche applicate o ai membri della rana immediatamente, o all' acqua, o corpi bagnati, tra cui trovasi la medesima collocata, fossero al più possibile simili; quando ho impiegato da una parte e dall' altra lastrette o fili d' oro e d' argento

della medesima pasta; non ho mai o quasi mai veduto eccitarsi le convulsioni nella rana all'atto di far comunicare tra loro, sia con immediato contatto, sia mediante un altro arco metallico, tali armature simili, per vivace che fosse l'animaletto, e preparato di fresco nella miglior maniera. Dico *quasi mai* per cautela, e perchè tal volta ebbesi pure alcun debole effetto: quale però ho tutta la ragione di attribuire alla non perfettissima eguaglianza di dette armature; all'essersi pur trovate in qualche cosa dissimili.

Dopo tutto questo se Galvani, od altri vorranno ancora sostenere, che ne' casi almeno, in cui servono ad eccitare le contrazioni e moti gagliardi o deboli nella rana preparata alla sua maniera due metalli simili, o i due capi dell'istesso pezzo di metallo, la spinta al fluido elettrico non possa venir data se non dagli organi dell'animale; e che però sussiste nel senso da lui voluto la vera *Elettricità animale:* io risponderò negando che siano perfettamente e in tutto eguali tai metalli, allorchè si ottengono codesti effetti: dirò che differiscono o pel calore, o per la tempera, o per il polimento e lucentezza: le quali circostanze ho provato avere non poca influenza, e indurre non minor differenza in ordine alla virtù di smovere il fluido elettrico nell'acqua, o corpi umidi combaciati, di quelchè faccia la diversa qualità di alcuni metalli. Sta a Galvani a provare che niuna minima differenza si trovi rispetto a tali modificazioni, e ad altre non conosciute, che per avven-

tura influir possono, niuna differenza, dico, percettibile, od impercettibile tra il capo metallico che s'intinge in un bicchiere, e quello intinto nell'altro, ossia che si applicano quinci alle gambe posteriori della rana preparata, e quindi alla parte superiore de' nervi, o al tronco: sta a lui a provare (cosa ben difficile, per non dire impossibile) cotale perfetta somiglianza, e identità dei due capi dell'arco metallico, quando pur succede che valga, senza il concorso di altro metallo diverso, ad eccitare le convulsioni; mentre io ho provato già, che una diversità qualsiasi de' metalli, o sostanziale od accidentale è valevole a dare mossa al fluido elettrico, a metterlo in corso con tale forza da produrre quegli effetti, che i metalli simili al più possibile non son atti ad eccitare. Or se questo principio, se tale, voglio dire, attività metallica scoperta e dimostrata evidentemente basta, a che ricorrere ad un altro principio meramente supposto, di un naturale sbilancio cioè di fluido elettrico negli organi animali? Sarìa questo un moltiplicare inutilmente le cause per effetti della stessa natura. Stiamo a quello, che è direttamente e indubitatamente provato: e non lasciamoci trasportare a congetture e ipotesi in apparenza belle e seducenti; ma che vane per lo più sogliono riuscire e inutili; quando trascendono l'espressione delle più semplici e chiare sperienze.

LETTERA SECONDA (1)

Ho terminata la precedente Lettera con dire, che conviene stare ai fatti, ed alle conseguenze immediate dei medesimi senza troppo spingersi avanti, e abbandonarsi a congetture ed ipotesi che non abbiano tutto il fondamento in quelli. Prendiamo dunque ad esaminare alcuni dei fatti ossia risultati delle nuove sperienze, e vediamo le conseguenze, che più naturalmente ci si presentano.

È un fatto sperimentale, che applicando l'apice della lingua ad una lamina di stagno, o meglio di zinco, oppure intingendola nell'acqua di un bicchiere, in cui peschi un pezzo di esso zinco, e venendo poscia a toccare questo metallo con una lastra d'argento impugnata dalla mano ben umida, o meglio stretta ad ambe mani, l'apice della lingua sente un vivo sapor acido. È fuori di dubbio, che questa sensazione viene eccitata da una corrente di fluido elettrico, il quale passa dallo stagno o zinco, o immediatamente, o per mezzo

(1) Estratta dal Giorn. Fis. Med. del Sig. Brugnatelli Vol. 3.° pag. 97 dell'ann. 1794.

dell' acqua interposta alla lingua, e vi penetra e trascorre avanti: ciò dico, è fuori di dubbio, succedendo di sentire il medesimo sapor acido, se detto apice della lingua tengasi applicato al primo Conduttore della Macchina comune elettrizzato *in più*, oppure intinto nell' acqua di un vaso annessovi. Un altro fatto ben rimarcabile è che invertendo l' esperienza, sicchè l' argento in vece dello zinco baci la punta della lingua; sente questa o niun sapore, o un altro assai diverso dal primo, un sapor acre, urente e come alcalino; non altrimenti che portando la lingua contro il Conduttore a cuscini della Macchina, od altro elettrizzato *in meno*: evidente prova, che cotal sapore alcalino, quando pure si eccita coll' elettricità in un grado sensibile (il che riesce assai più difficile), proviene dal fluido elettrico, che sorte dalla punta della lingua. Dunque la lingua, e qualsisia sua parte (ecco una naturale conseguenza), quanto è da se, non tende nè a ricevere, nè a dare fluido elettrico; ma ne riceve o dà per virtù e forza propria de' metalli, secondo che è il zinco o l' argento, che le stà applicato, sia immediatamente, sia mediante un corpo d' acqua, od altro corpo bagnato (*a*): dunque la lingua è me-

---

(*a*) In un Operetta stampata nel corrente di quest' anno 1794, che ha per titolo: *Dell' uso e dell' attività dell' Arco Conduttore nelle contrazioni dei muscoli*. Modena. 8.°, in cui l' anonimo Autore fa tutti gli sforzi per sostenere la vera *Elettricità animale* attiva e propria degli organi, nel senso di Galvani, non si fa gran caso di

ramente *passiva*, e *attivi* in vece i metalli; son essi in codeste sperienze i veri *motori*, gl' incitatori del-

questa diversità di sapore provocato col permutare la posizione de' metalli, anzi per poco non si ammette, e si fa passare per molto equivoca e inconcludente. Ciò, come si vede, ei fece per non essere obbligato a dedurne la conseguenza che io ne tiro, e che si presenta da se. Eppure ella è così marcata cotal diversità di sapore, facendosi l'esperienza a dovere, massime coll'argento e zinco applicati immediatamente, quando il primo all'apice della lingua e il secondo al suo dorso, e quando al rovescio, che nessuno, a cui ho fatto ciò provare, e sono a quest'ora ben molti, ha potuto rivocar la cosa in dubbio. È così marcato e deciso il sapor acido, e l'altro, se anche non voglia dirsi alcalino, così differente dal primo, che per quanto si cerchi di far valere l'incostanza ed equivocità delle sensazioni del gusto (miserabile rifugio a cui si appiglia per declinar la forza del mio argumento, l'Autore della mentovata Operetta), non resta luogo ad alcun sospetto di errore o di prevenzione. Ho dunque certamente più ragione io di non curare la contraddizione di chi si ostini a negare codesto fatto incontrastabile, o a spargere dei dubbj sopra il medesimo.

Queste contraddizioni e dubbj han forse potuto nascere da che con altri metalli meno diversi fra loro in virtù di quello sieno argento e zinco, argento e foglio stagnato, p. es. con argento e ferro, il sapore che tira all'alcalino, o non si sente, o assai oscuramente. Ma ciò prova soltanto, che tal sapore è più difficile ad eccitarsi o riesce men sensibile alla lingua che l'acido (come vien comprovato dalla difficoltà di eccitarlo eziandio coll'elettricità artificiale della macchina). Si eccita però anche quello immancabilmente, ed abbastanza forte con gli anzidetti metalli più potenti per essere più diversi.

la corrente elettrica. Quello che dico dell'argento e dello zinco, intendesi di due altri metalli diversi, o di specie e sostanzialmente, o per una od altra accidentale modificazione: la sola circostanza da notarsi, e che fa molto al mio proposito, è che gli effetti sono tanto meno energici, quanto meno differiscono tra loro i metalli messi alla prova in ordine alla virtù di smovere il fluido elettrico, al potere che hanno di spingere o di attrarre esso fluido posti al combaciamento de' corpi umidi: in una parola quanto meno distano uno dall' altro nella serie o scala, in cui furono da me noverati nella lettera precedente sul fine del primo §. E quello, che dico della lingua, applichisi anche ad altri muscoli e nervi inservienti al moto de' medesimi, anzi pure ai nervi soli; giacchè per eccitare le contrazioni de' muscoli volontarj (notisi *volontarj*) non è punto necessario che il fluido elettrico venga tradotto da questi a quelli, o da quelli a questi; ma basta fare che scorra per un brevissimo tratto del nervo solo, come avverrà per es. se stringesi dolcemente con una pinzetta d' argento il tronco nervoso, dove che sia, o poco sopra, o poco sotto, anche alla distanza di una sola linea o minore, serrisi il medesimo con altra pinzetta di ferro, di stagno, o meglio di zinco, indi facciasi toccare addirittura una pinzetta all' altra, oppur congiungansi con qualsisia intermedio metallo (*a*).

(*a*) Ho avvertito che parlo de' muscoli de' moti volontarj, poichè non succede già lo stesso co' muscoli invo-

Or puossi mai quì supporre non che niente di simile a carica di Leyden, ma alcun preesistente

---

lontarj, qual è il cuore. Applicando qualsisia stimolo ai soli nervi, che vanno a questo muscolo, egli non ne vien punto eccitato: è necessario per eccitarlo, che lo stimolo si applichi immediatamente al cuore stesso, alle carnee sue fibre. Così dunque anche colle armature o contatti dei metalli dissimili; se od ambedue, o uno almeno di tai metalli non tocca il cuore medesimo, o non son posti in maniera che la corrente di fluido elettrico debba invaderlo e ferire la sua propria sostanza, se stanno applicati l'uno e l'altro metallo a un nervo cardiaco qualunque, cioè a due parti dello stesso nervo, come nelle sperienze quì sopra descritte, o in qualsisia altra maniera, sicchè per un tratto solamente di esso nervo, corto o lungo quanto si vuole, debba passare il torrente elettrico nel suo giro, lasciando fuori il corpo proprio del cuore, nulla succede, come con molte prove mi sono anche ultimamente accertato; nè si accelerano cioè o raddoppiano i suoi naturali battimenti, nè si rinvigoriscono, se già languide, le sue contrazioni, nè si risvegliano, se sopite. Che più? ho trovato inefficaci perfino le scintille ordinarie della Macchina elettrica e delle scariche non piccole di Leyden, qualora cioè colpivano i soli nervi del cuore, e la sua sostanza, non che alla scintilla, sottraevasi alla corrente elettrica.

Stà dunque in questo la grande essenziale differenza tra i muscoli de' moti volontarj, e quelli dei non volontarj, e correlativamente tra i nervi, che s'impiantano nei primi e quelli che vanno ai secondi: lo stimolo elettrico agendo su' i soli nervi che reggono i muscoli volontarj, limitato anche ad un piccolo tratto o a pochi punti d'uno di tali nervi, non manca di cagionare le più vio-

sbilancio di fluido elettrico fra parte e parte vicinissima dell' istesso nervo? Non credo vi sia chi il di-

---

lente contrazioni di essi muscoli. Lo stesso stimolo portato nell' istessa maniera sopra i soli nervi del cuore, e sopra quelli degl' altri muscoli involontarj non vale ad eccitarli. Su questo punto cardinale rimango fermo; e fin quì non c'è cosa, di cui io abbia a ritrattarmi: lo stesso stimolo finalmente applicato ai detti muscoli involontarj immediatamente, cioè in guisa che o tutto un muscolo, od una parte almeno sia attraversata dal fluido elettrico nel suo giro, può sibbene eccitarvi le contrazioni; difficilmente però, e non molto forti. Or quì è che debbo correggermi, se avanzai che tali muscoli involontarj nulla affatto possano eccitarsi, neppur in questo modo: dal qual errore, o piuttosto inesattezza, fui prima avvertito da alcune sperienze del Sig. Felice Fontana che vennero da me ripetute e trovate giuste (Articolo di Lettera del Sig. Cav. F. Fontana all' Ab. Mangili nel Giorn. Fis. Nov. 1792), e in seguito da altre fatte costì in Torino. (V. Giorn. Fis. Gennajo 1793).

Intanto a fronte di queste sperienze sussiste sempre, torno a dire, la capitale differenza, che ho creduto di stabilire tra i muscoli volontarj e gl' involontarj e le funzioni de' respettivi nervi: perciò che essendo i muscoli dei moti involontarj difficilmente e poco eccitabili dall' indicato stimolo elettrico (per il che richiedesi che le armature sieno di metalli molto diversi, quali sono e. g. argento e zinco, argento e piombo; e non servano tanti altri, come ottone e ferro, ferro e piombo), ed esigendo tali muscoli anche per questo poco, che venga loro il detto stimolo applicato immediatamente; gli altri all' opposto, cioè i muscoli dei moti volontarj, si eccitano tanto più facilmente, e a più potenti e valide contrazioni,

ca: bensì il combaciamento de' due metalli diversi (e diseguali perciò in virtù e forza), è cagione che si smova il fluido elettrico ivi, e trascorrendo quel breve tratto di nervi ad essi metalli interposto, ne lo stimoli e pugna: col quale stimolo elettrico d'ogni altro più efficace e proprio all' eccitazione della virtù nervea (come tutte le sperienze concorrono a provare, e sarà altrove da me posto in chiaro), col quale stimolo, dico, messo quel nervo in attività ne nascono nel muscolo, o muscoli soggetti le contrazioni, in qual modo non sappiamo ancora: quel nervo in somma tocco in due luoghi da' metalli diversi viene punto e stuzzicato, non altrimenti che coi medesimi vengono stuzzicati sull' apice della lingua i nervi del gusto e in fondo all' occhio quelli della visione nelle altre mie sperienze già riferite, ed eccitato anche un molesto bruciore ai confini delle palpebre.

È dunque stabilita l'azione in vero mirabile dei metalli sul fluido elettrico, ogniqualvolta vengano quelli applicati all' acqua, o ad altri fluidi differenti (tali sono tutti i liquidi, eccetto i grassi) od a corpi impregnatine; e quanto più si fa palese cotesta, che

---

quand'anche non arrivi ad essi la corrente elettrica, quando con essere applicate ambe le armature metalliche a' soli loro nervi, anche a due parti vicine dell' istesso nervo, una piccola porzione soltanto del medesimo soffre lo stimolo del fluido elettrico, cioè quel piccol tratto, che riman compreso fra le due armature, e per cui fa tragitto esso fluido.

io vorrei nominare *Elettricità metallica*, quanto riconoscesi attiva ed estesa, tanto più svaniscono le prevenzioni per quell' altra, che da Galvani fu chiamata *Elettricità animale*, e come tale intesa e tenuta anche da me sul principio (con delle modificazioni però, conforme raccogliesi dalle mie prime memorie su questo soggetto): la quale poi a mio parere cade del tutto, malgrado gli sforzi che si fanno da' suoi partigiani per sostenerla (*a*), se si

---

(*a*) Oltre l' operetta anonima citata nella Nota 1, un' altra ne è comparsa ultimamente del Prof. Aldini Nipote di Galvani col titolo *Joannis Aldini De Animali Electricitate Dissertationes Duae*. Bononiae 1794. in 4.° di pag. 41. con due tavole di figure. Quest' opera stimabile è corredata di nuove sperienze, a cui servono varj ingegnosi apparati, il tutto elegantemente descritto. Tali sperienze, belle in se stesse, sono in vero capaci di sedurre chi a quelle sole si arresti, senza molto andare al fondo, e non applichi nè mano, nè mente alle tante altre, e in tante maniere variate che io contrappongo. Ma chiunque vorrà ripetere le mie, o solamente abbia occasione di assistervi, come molti hanno fatto, veggendone l' armonia, la costanza, e come tutte, per disparate che sembrino, si riuniscono, e subordinano sotto l' istesso principio, non sarà certamente preso da quelle altre equivoche ed incostanti; egli converrà alfine, per prevenuto che fosse altrimenti, che l' idea di un' elettricità inerente agli organi animali, ossia di uno sbilancio qualsiasi di fluido elettrico ne' nervi o muscoli, prodotto dalle forze vitali, non che la supposizione di qualche cosa di simile alla carica di Leyden, come ha immaginato Galvani, e vuolsi pur sostenere da' suoi aderenti, non ha fondamento, ed è inutile, tosto che tutto si spiega

riflette che fuori dei metalli, delle miniere (molte delle quali sì ricche che povere di metallo, e le

---

colla sola virtù, ed azione de' metalli posti a combaciamento de' conduttori umidi. Questa virtù, per cui vogliono considerarsi essi metalli non più come semplici conduttori, ma come veri *motori* di elettricità, è ormai in tanti modi dimostrata, e salta così all' occhio in tante mie sperienze, che vano sarebbe il mover dubbj contro di esse; comecchè la medesima riesca difficile a intendersi. Ma non è necessario comprendere il come, quando un fatto, una legge generale di fenomeni è certa, e ad essa si riportano tutti i fatti particolari; e questo è il nostro caso.

Or dunque le mie sperienze, di cui una parte soltanto ho finora riportata, col dimostrare evidentemente 1.° la virtù e potere che hanno due metalli di diversa specie di eccitare di slancio una corrente di fluido elettrico; e questa da destra a sinistra, o da sinistra a destra, secondo che sono posti essi metalli, non già secondo che sono posti i nervi o i muscoli dell' animale, come provano singolarmente le sperienze sulla lingua: 2.° che quanto più sono dissimili i metalli, tanto più sicuramente si ottengono gli effetti e tanto più forti, sia delle sensazioni, sia dei moti muscolari: 3. che anche senza che siano di diversa specie di metallo le due armature, o i due capi dell' arco, che ne fanno l' officio, basta qualche accidentale differenza nella tempera, nel polimento ec. per produrre in qualche grado i mentovati effetti (Veggasi la lettera precedente): col dimostrare, dico, tutto ciò in mille maniere, e colla massima evidenza, in guisa di non lasciare sopra questi tre punti il minimo dubbio, vengono le molte, e moltiformi mie sperienze a spiegare ben anche quelle prodotte come dimostrative del suo assunto dal Sig. Aldini, ma che lungi ben sono dall' essere concludenti, cioè: 4.° come con un solo ed

piriti stesse ho pur trovato che non la cedono ai regoli metallici) e del carbone di legna, il quale

---

unico metallo, una sola lastra, e. g. d' argento od un semplice laghetto di mercurio, che faccia officio e di armature e di arco, si ottengono pure qualche volta delle contrazioni muscolari nella rana puntualmente e di fresco preparata; deboli per lo più, e non da paragonarsi colle gagliardissime convulsioni e sbalzi che provocano i metalli diversi; deboli sì, anzi debolissimi al confronto, e non sempre neppur queste, ma solo alcuna rara volta, come ho detto: cioè qualora s' incontri qualche accidentale eziandio impercettibile differenza tra le due armature, o capi dell' arco metallico.

Pare che ciò bastar dovrebbe, e che nulla più resterebbe a dire dopo quello, che ho estesamente mostrato nella lettera precedente. Pur quì mi torna a proposito aggiungere qualche cosa in occasione di questa nuova Opera del Sig. Aldini, in cui si fa forte singolarmente sulle sperienze fatte col mercurio; metallo, secondo Lui, esente da ogni eterogeneità, quando sia ben purgato. Dirò dunque che il difficile Chimico, sfidato da lui a trovar differenza tra parte e parte dello stesso *mercurio rettificato*, con tutti i presidj dell' arte, pur troppo la ritrova, e ben grande tra le parti interne e le superficiali, che all' aria tosto perdono il lustro, e soffrono un principio di calcinazione, massime venendo agitate: e cos' è infatti quella polvere, che si forma, e in breve cuopre il liquido e vivo mercurio? Qual meraviglia pertanto, se le gambe della rana preparata toccando la superficie sola del mercurio, e il pezzo di spina dorsale immergendosi più profondamente, come è il caso nelle sperienze ivi descritte, se, dico, a cagione dell' accennata differenza, dello stato cioè diverso del mercurio ne' due luoghi, trovandosi esso assai più vivo nell' interno, che alla superficie, ne nascono le contrazioni muscolari? Non aveva io già provato,

per la virtù, di cui si tratta, non meno che per quella di essere eccellente conduttore, và posto in

---

e detto nella lettera precedente, che si eccitano esse anche col contatto di due pezzi della stessa lastra di piombo, uno dei quali sia reso lucido quale specchio, l' altro offuscato e semicalcinato all' aria? Il mercurio adunque, che Aldini presceglie come il più sicuro, è anzi il più sospetto ed infedele; ed io ne ho molte altre prove, che quì non giova recare.

Ma io debbo movere altre eccezioni alle sue sperienze, e proporre quì alcune necessarie avvertenze intorno ai contatti metallici. Le armature dello stesso metallo e simile, quant' è possibile che lo sieno, debbono anche essere applicate all' istesso modo, se vogliam esser sicuri di niun eccitamento de' nervi e muscoli ottimamente preparati, e al sommo sensibili. Or se questo non si è osservato nelle sperienze, che mi si oppongono, se non vi è stata tale perfetta eguaglianza anche in ciò, io posso sempre dire che uno dei due pezzi di metallo per cotal foggia diversa di applicazione ha prevalso sopra l' altro, ancorchè della stessa specie, ed eguale nel resto. Soprattutto deve schivarsi ogni urto e percossa, il che può avere non piccola influenza, e conciliare al metallo maggior potere di smovere il fluido elettrico, onde prevalere all' antagonista. Ma quest' urto o percossa ha luogo appunto nelle sperienze prodotte nella nuova Opera, come può vedersi dalle descrizioni e figure. Lasciata dunque tal maniera di sperimentare troppo soggetta a obbiezioni, atteniamoci a quest' altra di applicare previamente al riposo due pezzi dell' istesso metallo, simile ancora quant' è possibile per tempera, levigamento, lucentezza ec., l' uno alle gambe, l' altro alla spina dorsale della rana preparata, oppure all' acqua di due bicchieri, in cui peschino rispettivamente dette gambe e detta

4

compagnia de' metalli, niun altro conduttore è atto, applicandolo in qualità di armatura, a produrre nè

---

spina, poi di far comunicare tra loro o immediatamente, o con altro arco metallico tali armature similissime: allora aspettatevi pure che non si ecciteranno le convulsioni, se non una qualche rarissima volta, e come per disgrazia, una volta in cento, o in mille. Io posso assicurare, che conficcando due fili d'argento dell'istessa pasta, lucidi e mondi, uno in una coscia, l'altro nella spina del dorso di una rana, anche vigorosissima e di fresco preparata, e adducendoli poscia al contatto fra loro, mai e poi mai non mi è riuscito di ottenere le convulsioni, quando all'incontro con questa maniera di armature intime, dirò così, ho sempre avuti i più strepitosi moti, ove gli uncini conficcati erano di due diversi metalli. Si provi dunque così, oppure con posare semplicemente le gambe della rana sopra una piastretta d'argento o d'oro, e il suo dorso sopra un altra dell'istessa qualità, tagliate cioè ambedue dalla medesima lastra (non potriamo egualmente fidarci di due monete compagne, potendovi essere tra di loro differenza di lega, di tempera ec.); e con accostare indi tali armature fino al mutuo contatto, senz'altro arco conduttore di mezzo; e prometto che le convulsioni non compariranno, o sarà accidente se per una qualche volta compajano. All'incontro con metalli diversi non mancheranno mai in cento e mille prove che si facciano sulla stessa rana; e tanto più gagliarde sempre e strepitose si faran vedere, quanto i metalli saranno più dissimili tra loro. Con metalli poco diversi, od anche della stessa specie, ma per qualche modificazione, per qualche accidentale differenza nella tempera, nel polimento ec. dissimili, succederanno assai più poche volte le contrazioni muscolari, solo finchè l'animale si mantiene in pieno vigore, e allora pure poco violente.

il sapore elettrico sulla lingua, nè la corruscazione nell' occhio, nè il bruciore, nè movimento alcuno

---

Le quali osservazioni tutte ci deon portare naturalmente a giudicare, che dove pure succeda per accidente che si commova la rana colle armature apparentemente simili in tutto, si trovi in queste, mal nostro grado, qualche impercettibile differenza atta a suscitare una piccola corrente di fluido elettrico, tanto che basti a stimolare i nervi estremamente sensibili, per cui è obbligata di tragittare ristretta. Vi vogliono infatti in tal caso queste due condizioni, 1.° cioè del passaggio ristretto, e però è necessario la compita preparazione della rana, che lasci per comunicazione tra le gambe e il dorso i soli nervi crurali; 2.° della piena vitalità sì di questi, che dei muscoli in cui s' impiantano; e però le convulsioni, quando pure accadono con armature metalliche credute simili, non è che per poche volte e per poco tempo dopo la detta preparazione dell' animale. Non così adoperando metalli diversi: le più valide contrazioni e sbalzi si ottengono nella rana dopo ore, ed anche giorni; e non è neppur necessario che sia preparata nella maniera suddetta; basta che sia scorticata e sventrata; anzi si eccitano convulsioni eziandio nella intera, e intatta, le si fanno far salti e tirar calci ec., se le si applichino armature di metalli molto diversi, come argento od oro da una parte, foglio stagnato o zinco dall' altra.

Cosa ci vuole di più, anco stando ai soli moti muscolari, lasciando cioè tutte le altre prove sopra i sapori ec., per convincere anche i prevenuti diversamente, che tutto è giuoco dei metalli? E qual forza contro tanti argomenti (e sì che non gli ho toccati ancora tutti) possono mai avere le sperienze riportate nella recente Opera del Sig. Aldini, e nell' altra anonima più sopra citata, soggetta,

ne' muscoli della rana la più vivace, e meglio preparata. O perchè se trovasi il fluido elettrico sbilan-

---

come ho fatto vedere a molte eccezioni, ed equivoche non poco; e che altronde si spiegano facilmente anch' esse co' miei principj? Certo non con tanta facilità spiegheranno i sostenitori dell' Elettricità animale nel senso di Galvani le molteplici mie sperienze; nè far altrimenti lo potrebbero, che storcendo violentemente i loro stessi principj. Come spiegherebbero (per recare quì un altro tra i moltissimi esempj) la seguente sperienza quanto semplice e piana, altrettanto dimostrativa.

Distesa la rana bella e preparata sopra una tavola, quale non importa sia isolata, o se pure si vuole l' isolamento, sopra una lastra di vetro, od un strato di zolfo, si passino due piastrette d' argento di eguale qualità, una sotto la sua spina dorsale, l' altra sotto una gamba, e sotto l' altra gamba, gli stessi muscoli corrispondenti; una piastretta di stagno, o meglio di zinco. Stando così le cose uniscansi con un arco metallico qualunque, ora ambe le piastrette d' argento, ora quella che sta sotto una gamba colla piastretta di stagno o di zinco sottoposta all' altra gamba. Chiunque è prevenuto per la supposta carica elettrica, ossia sbilancio di fluido tra i nervi, che sortono dai muscoli o tra l' interno di essi muscoli, in cui quelli s' impiantano, e l' esterno, come opina Galvani, si aspetterà senza fallo, che debba seguire la scarica di questa specie di boccia di Leyden animale, come la chiamano, e quindi eccitarsi le convulsioni nel primo caso, e non nel secondo. Eppur siegue tutto il contrario: non si commovono mai gli arti della rana quando è indotta la comunicazione tra l' armatura de' nervi e quella dei muscoli; e succedono in vece convulsioni più o men forti tutte le volte che si fan comunicare le due armature poste ai muscoli compagni, e. g. ai due gastrocnemj.

ciato negli organi dell' animale; in guisa che sovrabbondi nelle parti superiori del capo rispetto alle inferiori, o viceversa, se trovasi accumulato ne' nervi, o nell' intorno de' muscoli, in cui s' impiantano i nervi rispetto all' esterno de' muscoli medesimi, come ha preteso Galvani, o all' opposto come certe mie sperienze parvero dimostrare; perchè, dico, se in alcuna di queste, o in altra immaginabile maniera trovasi il fluido elettrico sbilanciato nel corpo dell' animale e. g. in una rana preparata, le di cui gambe posteriori posano in un bicchiere d' acqua, e il tronco colla spinal midolla in un' altro, e se questo pretende la ragione, per cui indotta la comu-

---

Or come và colla vostra Elettricità animale, colla vostra boccia di Leyden? Forzerete la spiegazione fino a supporre una carica, ed una tendenza alla scarica tra muscolo e muscolo, tra due muscoli omologhi? E dell' altra carica, che con qualche maggiore apparenza di ragione pretendete, che esista e miri a rovesciarsi dai nervi crurali ai muscoli delle gambe, che ne è, se infatti non vi si scarica con tutta la facilità che a ciò si appresta da un arco conduttore sì acconcio? Eh! non v' ingolfate in ispiegazioni sempre più involte di difficoltà, e che riuscirebbero tutte, se non assurde, affatto inverisimili; e conchiudete meco piuttosto che se dunque con metalli simili applicati a parti animali dissimili non si ottengono gli effetti, e si ottengono in vece con metalli dissimili applicati a parti animali affatto simili, il giuoco è tutto dei metalli.

Ma conviene por fine a questa nota già troppo lunga. Ripiglierò forse in altra occasione a trattare questo punto, che è uno de' capitali del presente soggetto.

nicazione da un bicchiere all'altro con un arco metallico, si scuotono quelle gambe percosse dall' impeto, che fa il fluido portandosi istantaneamente all' equilibrio; perchè domando, non succedono gli stessi moti, perchè rimane la rana perfettamente quieta, ove si adoperi per arco conduttore, invece de' metalli, qualche altro buon deferente, una corda, un legno, un cartone od altri corpi, non che umidi, bagnati e grondanti d' acqua, o due dita della mano, o neppure intingendo ambe le mani intere, una per ciascun bicchiero? Non mi venghiate a dire, che siano questi non abbastanza buoni conduttori; poichè io vi risponderò, che lo sono anche più del bisogno, come mostrano le sperienze riferite già nella lettera precedente ed altre, in cui due, tre, quattro persone, e fino 15, 20, e delle liste di panno, di cuojo, di cartone, ec. bagnate, e rami d' alberi verdi, e lunghi tratti di pavimento umido, non impediscono entrando nel circolo, che la rana preparata venga scossa, che la punta della lingua senta il sapore, il fondo dell' occhio sia colpito da momentaneo chiarore, sol che una parte qualunque di tal circolo, vicina o lontana da essa rana, da essa lingua, da esso occhio, formisi da due metalli diversi, singolarmente argento e zinco, comunicanti fra di loro, o per immediato contatto, o per altri intermedj metalli. Presa dunque una gran lunga fila di persone, il pavimento umido, ed altri corpi bagnati, sono abbastanza deferenti per lasciare passare in queste sperienze, senza molto indebolirla, la corrente di fluido elettrico, che va a scuotere la

rana. Mi vorrete poi dire, che non sia conduttore abbastanza buono una persona sola, che intinge una mano nell' acqua di un bicchiero, e l'altra nell' altro, un arco di cartone tutto inzuppato e grondante d' acqua, o simile altro deferente, e sosterrete che tali corpi arrestano o ritardano la scarica del fluido elettrico dalla parte in cui si suppone accumulata all' altra rispettivamente mancante della rana, che pesca di quà co' piedi, di là col tronco ne' due bicchieri? Eh, diciamo piuttosto, che non esiste tal carica, tal eccesso e difetto di fluido elettrico ne' rispettivi organi dell' animale preparato, o non preparato, che esso fluido vi è in equilibrio, come in tutti gli altri corpi; e però che l' arco conduttore formato da una o più persone, da cuoi, panni, cartone, o corpi bagnati quali essi sieno, da deferenti in somma non metallici, nulla più essendo atto a prestare che l'officio appunto di conduttore, non può in alcun modo rompere o turbare tal equilibrio, non può determinare alcuna corrente di esso fluido, che invada i nervi e muscoli dell' animale collocato nel circolo, e ne gl' irriti e scuota. I quali effetti se succedono poi ogni qualvolta intervengano nella catena, onde è formato detto circolo non interrotto de' corpi metallici, o de' carboni, ciò prova ad evidenza che essi corpi metallici e carboni, oltre la virtù comune agli altri deferenti di lasciar liberamente passare il fluido elettrico, il quale sbilanciato comunque tenda per propria forza a portarsi da un luogo all' altro, posseggono quella ben singolare e mirabile di agire

sopra esso fluido anche equilibrato e quieto, di smoverlo come che sia impellendolo, o tirandolo; e sì un metallo più che l'altro, o in senso opposto uno all'altro: onde poi vien tratto ove il circolo de' conduttori non abbia interruzione, come si è detto, in un continuo giro: che in somma i metalli, molte miniere metalliche e pirìti, ed il carbone non si comportano già come semplici conduttori; ma inoltre come veri *motori* ed *eccitatori* di Elettricità. Tutta dunque la magìa, mi si permetta di dirlo, sta nei corpi della classe dei metalli, a cui voglionsi aggiungere per somiglianza di virtù alcuni carboni vegetabili ed animali.

Ma se è così, se nulla mai e poi mai può ottenersi senza di quelli, cioè coi soli deferenti umidi, nelle rane anche più vivaci, e meglio preparate (*a*);

(*a*) Non debbo dissimulare che su questo punto vengo contraddetto tanto da Aldini, quanto dall'anonimo nelle opere citate (nota 1 e 3). Il primo, sfidato in certo modo da me, ha già più d'un anno, a produrre i soliti effetti delle convulsioni nella rana senza l'intervento di metalli, conta vittoria perchè vi è riuscito servendosi, in luogo di questi, di carbone di legna. Ma che? se scoperto io già aveva che il carbone và posto per conto della virtù di cui si tratta, per essere cioè anch'esso *motore di elettricità*, in compagnia de' metalli, e che supera anzi l'argento: se ciò io aveva pubblicato e per lettere comunicato all'istesso Aldini: se egli ne conviene nel luogo istesso, ove riferisce le sperienze da lui intraprese per eccitare le convulsioni col solo carbone: ecco infatti come s'esprime (Diss. I. §. XVIII).

se all' incontro coll' intervento dei primi impiegandone massimamente due de' più diversi in ordine

---

» Cl. Volta ut contractionem periclitarer ubi metallicum
» nihil adest, datis humaniter epistolis invitavit; carbonem
» siquidem pluribus efferebat laudibus, quem omnium pri-
» mus fuerat expertus animali esse Electricitati armaturam
» aptissimam ».

Come vien dunque dopo questo ad obiettarmi, che le armature di carbone gli han riuscito egualmente che quelle di metallo; e come mai crede con ciò di trionfare? Dacchè io ho posto coi metalli il carbone come un *motore* di elettricità, nel senso da me inteso non inferiore ad essi, anzi superiore a molti, come attissimo a far officio di armatura, è troppo chiaro, che provocando il Sig. Aldini e chiunque altro ad eccitare le contrazioni muscolari senza l'aiuto di metalli, e confidando che non si sarebbe riuscito, ho voluto escludere coi metalli anche il carbone, che assieme a quelli annovero tra i motori di elettricità, e che intendo sempre di comprendere con essi, quando nelle sperienze di cui si tratta, parlo di conduttori metallici. Ecco dunque annullata l' obbiezione mossami per questa riuscita di sperienze col carbone; della quale obbiezione non resta che la meraviglia come abbia potuto farmisi.

Che se si volessero riprodurre riguardo al carbone quelle altre obbiezioni già motivate riguardo ai metalli, cioè che due carboni, ed anche un solo ed unico pezzo di carbone, facendo officio di armature ed arco insieme, non lascia talvolta di eccitare le convulsioni nella rana ben preparata; darei le stesse risposte: cioè, che viene questo da qualche accidentale differenza tra carbone e carbone, e tra le parti dello stesso pezzo di carbone. Pe' metalli dell' istessa specie abbiam veduto, che non poco influiscono anche piccole differenze nella tempera, nel polimento, nel calore

all' indicata virtù e potere, come argento e stagno, o meglio argento e zinco, giungesi ad eccitare i più

(Lett. I) e forse altre modificazioni che non sappiamo: quanta differenza riguardo all' azione elettrica, di cui si tratta tra ferro e ferro! Ma ella è maggiore ancora tra stagno e stagno, tra quello comune in lastra, e le sottili stagnole o foglie battute, e singolarmente quelle della così detta carta d' argento, anzi tra foglio e foglio stagnato; non sò se per qualche diversa lega, pel maggior pulimento o lucentezza, o per altro. Pel carbone non so se molto influisca la diversa qualità di legno: certo moltissimo fa la diversa cottura: ma vi saranno anche altre accidentali differenze. Il fatto è, che differiscono quasi sempre notabilmente due pezzi di carbone, e non di raro lo stesso pezzo in diversi punti. Lo che scuopresi anche colla lingua; giacchè avviene talvolta che senta essa più o meno di sapor acido coll' applicare il suo apice o bordi ad un carbone, e il suo dorso ad un altro comunicanti insieme (non altrimenti che succede con foglio stagnato e lastra di stagno comune), ed anche in qualche caso con applicarsi essa lingua estesamente ad un solo e stesso carbone. Qual meraviglia dunque, che si eccitino da due carboni, od anche da un solo pezzo di carbone più o men forte convulsioni nelle rane, facendovi toccare quì le gambe, là i nervi o la spina dorsale della medesima, quando massimamente ha subita tal preparazione, che lasciando attaccate pe' soli nervi crurali esse gambe a detta spina, trovansi tali nervi e i muscoli, in cui s' impiantano, oltremodo eccitabili?

Nell' altra operetta si mettono dal suo Autore in campo alcune sperienze, le quali sono direttamente contrarie a quanto io avanzo, cioè che senza metalli (o carboni) non si eccitino mai le convulsioni nella rana comunque prepa-

forti moti muscolari nelle più deboli e spossate, molte ore ancora, e fino uno, due, e più giorni

---

rata. Le sperienze oppostemi son queste: tagliata la rana in guisa che i soli nervi crurali, con un pezzetto al più di spina dorsale, pendano nudi dalle coscie, e inclinando cotal mezza rana, tantochè quel piccol troncone di spina, o i nervi stessi vengano a battere contro le nude coscie, ecco tutti i muscoli convellersi. Quì dunque non c'è metallo. nè altro conduttore, nè armature, nè arco: ossia l'arco dei nervi ai muscoli è formato dai muscoli e nervi stessi Dunque la carica e scarica elettrica esiste, e accade nelle sole parti animali: dunque l'elettricità è propria degli organi, non avventizia ed esterna.

Queste conseguenze anderebber bene, se l'esperienza fosse sicura e costante, e se non restasse dubbio, anzi gravissimo sospetto, che un irritazione meccanica sia causa dell'effetto in tali prove, per cui rendonsi affatto inconcludenti. Quanto al primo la verità vuol ch'io dica, che essendomi fatto carico di ripetere l'esperimento, mi è sibbene riuscito di veder talora eccitate le convulsioni; ma ben poche volte in molte e molte, e non mai convulsioni violente, non mai comparabili alle strepitose ed enormi, ai forti sbattimenti e salti che si eccitano coll'applicazione de' metalli. Riguardo al secondo dirò pure, che non le ho mai ottenute neppure piccole e parziali, se la rana non era tutto di fresco preparata, e i suoi muscoli e nervi non godevano di un pieno vigore di vitalità, e tale che ogni stimolo meccanico, ogni urto e compressione, anche colle dita, sopra i nervi, ogni stiramento ec. bastava a destare simili convulsioni generali o parziali, dei tremori e subsulti. Così è: l'esperimento non mi è riuscito che pochissime volte, e sol quando duravano ancora o erano appena cessati nella rana tagliata i tremiti e i palpiti delle fibre per-

dopo averle tagliate, e disponendo le sperienze in tante e tante varie maniere, come ho praticato da

---

lo strazio sofferto, quando esse fibre si risentivano quasi ad ogni tocco e pressione, massime dei nudi nervi. Per il che ho creduto, e credo doversi attribuire a stimolo parimente meccanico anche quelle convulsioni, che talvolta si eccitano in simili circostanze, col fare che i nervi o il troncone della spina vengano a percuotere le nude coscie della rana preparata.

Nè mi si dica, che inclinando bel bello una parte verso l' altra, sicchè vengano a combaciarsi piuttosto che a percuotersi, non sembra che debba nascere irritazione meccanica sensibile, poichè io rispondo, che non si può così facilmente impedire, che i nervi o il troncone non si gettino e serrino addosso con qualche impeto alle coscie, per causa dell' umido superficiale, che in virtù di mutua attrazione sollecita quelle parti al congiungimento, a cui si portano per ciò con moto accelerato. Non è difficile osservare tal cosa; ed osservando bene si vedrà anche, che non succedono le convulsioni, se non ha luogo un tal colpo od urto; e rarissime volte anche con questo, cioè solamente concorrendo le altre favorevoli circostanze di massima sensibilità ec., come ho spiegato,

Conchiudiam dunque, che nulla provano codeste vantate sperienze, le quali lasciano tanto sospetto di stimolo meccanico. Per escludere un tal sospetto convien ritornare alle sperienze, in cui e nervi e muscoli della rana preparata riposino quieti, e non vengano toccati o premuti altrimenti, alle sperienze coi due bicchieri d' acqua, che ho sopra proposte; ed altre simili. Insistendo pertanto su tali sperienze finisco col rinnovare il mio argomento d' istanza, tratto da che non succedono mai le convulsioni facendo comunicare i nervi della rana co' suoi muscoli me-

due anni con maraviglia sempre nuova di tutti quelli, a cui ho mostrate tali sperienze, vi è ben ragione di chiamar questa piuttosto *Elettricità metallica* che *Elettricità animale;* giacchè i metalli la eccitano veramente, e originariamente essi sono che danno la mossa al fluido elettrico: gli organi animali meramente passivi non fanno che risentirsene, allorchè viene o in questa, o in altra maniera eccitata altronde, e trascorre per essi, segnatamente pe' nervi, e tanto più se ne risentono, quanto per essi nervi passa più ristretta la corrente di detto fluido, determinata sempre mai da causa estrinseca.

In tal modo tolta agli organi animali ogni azione elettrica propria, che nasca cioè da principio interno, abbandonata questa bella idea, che suggerivano le prime sperienze di Galvani, e che io pure avea avidamente abbracciata, vanno essi organi, i nervi singolarmente, e muscoli volontarj riguardati quai semplici Elettrometri di un nuovo genere, e di una maravigliosa sensibilità.

---

diante arco conduttore che non sia metallico avvegnachè attissimo a tradurre qualunque scarica: argomento, che mi pare uno de' più vittoriosi.

LETTERA TERZA (1)

Como 24 Ottobre 1795.

Dopo le due lunghe lettere da me scrittevi, illustre Accademico e Collega, ha più d'un anno, e inserite nelle opere periodiche del nostro comune amico Dott. Brugnatelli, sul soggetto della pretesa Elettricità animale, propria cioè degli organi, in cui si snppone una carica, o sbilancio qualsiasi di fluido elettrico; quale Elettricità organica ideata dal valente Fisico e Professore di Anatomia Dott. Galvani dietro le bellissime sue sperienze e scoperte in vero mirabili, ammisi io pure per qualche tempo, ma presto cominciai a rivocare in dubbio, e finalmente dovetti con dispiacere riconoscere e dichiarare per insussistente: dopo che dalla maggior parte de' Fisici, massime oltramontani, erasi adottata la mia opinione esposta nelle mentovate lettere, e in altre memorie e scritti antecedenti, che riconosce bensì nelle sperienze, di cui si tratta, una vera elettricità (*a*), ma elettricità meramente artificiale ed

(1) Estratta dal Vol. 11.° degli Annali di Chimica del Sig. Brugnatelli, pag. 84.

(*a*) Non vi è dubbio che il fluido messo in moto in

estrinseca, mossa cioè dai conduttori acconciamente applicati; risvegliossi di nuovo quì in Italia, e crebbe

---

tali sperienze non sia il vero e genuino fluido elettrico, lo stesso cioè che si sbilancia, si accumula, si scarica ec. nelle sperienze dell' elettricità comune; è non so come si siano immaginato alcuni esser quello un altro fluido, o affatto diverso, o analogo soltanto al fluido elettrico, ma non identico; un fluido animale specifico, d' indole in certo modo elettrica, oppur anche il vero fluido elettrico, ma diversamente modificato, spogliato più o meno delle sue native proprietà e doti, e rivestito di altre, *animalizzato* in certo qual modo, cui han dato nome di fluido *elettrico-animale*. Vane idee, precarie e inutili supposizioni! Che serve involger le cose in una nube di termini e di idee vaghe e confuse, da cui invece di rischiararsi si oscurano viepiù? Riteniamo il fluido elettrico qual' è, e attribuiamo pure con sicurezza ad esso gli effetti, di cui si tratta. Sì: egli è il fluido elettrico comune e genuino, che messo in corrente per un' azione (mirabile invero e nuovamente scoperta) de' conduttori eterogenei applicati a mutuo combaciamento, stimola i nervi, cui invade e attraversa, ed eccita per mezzo di essi le contrazioni de' muscoli dipendenti; non altrimenti che quando vengono gli stessi nervi percorsi dal fluido elettrico lanciato dai conduttori della macchina ordinaria, da boccie di Leyden cariche, ec. Gli effetti sopra i detti nervi e muscoli sono nell' una e nell' altra maniera similissimi: ed è già questo un grande argomento onde presumere la somiglianza della causa. Osservando poi che sono gli stessi i coibenti, i buoni e i cattivi deferenti, tanto dell' elettricità comune, quanto del fluido messo in corrente nelle sperienze in questione, qual dubbio può restare più che sia questo lo stesso stessissimo fluido elettrico?

più che mai il fermento delle contrarie opinioni, in occasione che si pubblicarono nell' Autunno scorso con un opuscolo del Dott. Eusebio Valli delle nuove

---

Le obiezioni tratte dal non osservarsi nè scintilla, nè alcun altro dei consueti segni elettrici, non sono di alcun peso. Questi non si osservano neppure nelle scariche dei conduttori elettrizzati debolissimamente, e delle boccie di Leyden pochissimo caricate, tanto cioè che non arrivano a $\frac{1}{4}$ o a $\frac{1}{10}$ di grado del più sensibile Elettrometro a boccetta; eppure sono scariche di vero fluido elettrico, che realmente passa e trascorre pe' conduttori, che da un capo all' altro lo trasmettono; fra i quali se trovinsi compresi i nervi sensibilissimi di un animale, e disposti in guisa, che tutta o gran parte della corrente debba passare ristretta per essi, può questa, ancorchè debole a tal segno, eccitarli sensibilmente, e cagionare il sapore nella lingua, il lampo nell' occhio, e soprattutto le contrazioni nei muscoli dipendenti; come ho mostrato con varie sperienze, applicando appunto l' elettricità artifiziale comune. Questa prodigiosa eccitabilità de' nervi allo stimolo elettrico, specialmente di quelli inservienti a' moti volontarj, fa che la rana preparata alla maniera di Galvani ci presenti una specie di *Elettroscopio vivente*, che supera di molto in sensibilità i più fini elettrometri a foglietta d' oro, ec. Or dunque basta supporre che la corrente elettrica, mossa dai semplici combaciamenti de' conduttori fra loro diversi, è anche essa molto debole (supposizione naturalissima), debole cioè quanto quella prodotta dall' anzidetta scarica della boccia di Leyden, che appena può dirsi carica, per intendere come similmente valga soltanto ad eccitare sensazioni e moti muscolari ne' divisati *Elettroscopj viventi* oltremodo sensibili, e non giunga mai a dare nè scintilla, nè altro degli ordinarj segni elettrici.

interessanti sperienze in soccorso del primo ormai abbandonato sistema. Invero tali sperienze non solo comparvero favorevoli e consentanee all'ipotesi di un'elettricità propria e attiva degli organi animali, di una vera carica o sbilancio di fluido elettrico tra nervi e muscoli dipendenti, o tra l'interno e l'esterno di essi muscoli, la qual carica o sbilancio producasi naturalmente per le forze della vita, e manifestisi anche negli animali trucidati, e nei membri recisi, finchè vi dura un certo grado di vitalità; non solo, dico, parvero tali sperienze favorire grandemente siffatta ipotesi, altronde bella e seducente, proposta dal prelodato illustre Professor Bolognese, adottata e difesa contro le forti mie obbiezioni da Aldini suo nipote e Collega, e da altri seguaci non pochi: ma sembrarono dimostrarla evidentemente, e porla fuori di ogni dubbio; e sì ne imposero a molti, e tirarongli di nuovo agli stenstendardi Galvaniani, quando già soscritto aveano o stavano per soscrivere alla mia sentenza affatto diversa.

Questa, che sostenni già con molti argomenti e prove sperimentali, e che sostengo ancora, riduce tutto ad un giuoco dei conduttori in conveniente modo applicati; alla virtù cioè che loro attribuisco, o dirò meglio, di cui ho scoperto esser essi dotati, di impellere e smovere, ove si affrontino e combacino alcuni di classe o di specie diversa, il fluido elettrico: dal che poi viene, che se concorrano tre o più, tutti diversi, a compiere il circolo conduttore, se p. e. a due metalli, argento e ferro, piom-

bo ed ottone, argento e zinco, ec. sia interposto uno o più conduttori non metallici, della classe cioè da me chiamata de' Conduttori umidi, perchè o fluidi in tutta la massa, o contenenti qualche umore, fra i quali i corpi animali, e tutte le loro parti fresche e succose, se, dico un conduttore di questa 2.ª classe trovisi di mezzo e a contatto di due di quella prima, di due metalli diversi, ne viene che si determini una corrente continova di fluido elettrico, secondochè l' azione su di esso in virtù di tali combaciamenti prevale da una parte o dall' altra (*a*).

Tale mia spiegazione venendo confermata da innumerabili sperienze variate in molte maniere, come ho fatto vedere in diversi scritti, e bastando sola a render ragione di tanti fenomeni e apparenti anomalìe in ogni altra guisa inesplicabili; ho dovuto indurne, che la supposta Elettricità Animale, propria e attiva degli organi, non ha fondamento, molto meno prove decisive, che la dimostrino: che con-

---

(*a*) Ciò basta per mostrare quanto sia diversa dalla pretesa Elettricità Animale, dalle idee di Galvani e suoi seguaci, quell' elettricità che sostengo io, la quale non suppone alcuna carica o sbilancio, e conseguente scarica degli organi animali, e neppure carica o scarica propriamente detta de' conduttori applicati; ma una circolazione, ossia corrente continua di fluido elettrico, cagionata e mantenuta da una forza arcana, che risulta dal combaciamento di conduttori diversi fra loro; i quali in simili circostanze sono qualche cosa più che semplici *deferenti*, facendola da veri *eccitatori* o *motori*.

seguentemente gli organi animali in simili sperienze vogliono riguardarsi come puramente passivi, come semplici Elettroscopi di un genere particolare; e che debbono invece aversi per attivi i conduttori applicati al mutuo combaciamento, purchè diversi; e tanto appunto più attivi ed efficaci, quanto più differiscono tra loro sotto certi rapporti.

Così ho conchiuso, sono già tre anni circa (*a*),

(*a*) Da quel tempo mi sono sempre più confermato in tal opinione di un' elettricità propriamente artificiale, voglio dire mossa da causa estrinseca: il che ho mostrato in più maniere, singolarmente colle sperienze del sapore, che scoperto eccitarsi sulla lingua coll' artificio de' metalli; e questo sapore acido od alcalino, secondo che dei due metalli, argento v. g. e zinco, ch' entrano con essa lingua nel circolo conduttore, questo o quello è rivolto contro il di lei apice. Ma che più? L' azione de' conduttori in virtù del semplice loro combaciamento, quando sieno diversi di specie, tal azione che determina una corrente elettrica in giro (seppure il circolo conduttore sia compito), è manifesta, e si tocca con mano nella massima parte delle sperienze, di cui si tratta; in quelle singolarmente, in cui il combaciamento coi conduttori umidi, o di 2.ª classe si fa alle opposte parti da due metalli, ossia conduttore di 1.ª classe, molto diversi uno dall' altro, come argento od oro da una parte, ferro, o meglio piombo o stagno, o assai meglio ancora, zinco dall' altra: nei quali incontri ho io ben anche scoperto qual è la direzione della corrente elettrica da tali combaciamenti eccitata, cioè dallo stagno o zinco per la via del conduttore o conduttori umidi interposti all' oro, o all' argento; e in generale sempre dal metallo superiore all' inferiore attraversando detti condut-

e così sostengo ancora, torno a ripetere, a fronte delle nuove mentovate sperienze del Dott. Valli, ed

---

tori umidi o di 2.ª classe; e con forza tanto maggiore, quanto più distano fra loro i due metalli o corpi di 1.ª classe; nell' ordine in cui sono posti nella seguente colonna o scala, che dietro a queste sperienze io avea già sbozzata al principio del 1793. (Vegg. le due lettere precedenti e le altre míe Memorie e lettere dirette a diversi, e pubblicate ne' Giornali), e che differisce poco da quell' altra scala o serie, che ci ha data il Dott. Pfaff anch' esso nel 1793, ristretta per allora a pochi metalli, indi più estesa, compresivi cioè varj semimetalli, piriti e miniere, verso la fine del 1794, (Vegg. Journal der Physik di Gren, Vol. VIII. an. 1794.)

TAVOLA

De' conduttori della prima Classe, che posseggono un diverso potere di spingere il fluido elettrico e cacciarlo avanti ne' conduttori umidi, ossia di seconda Classe.

Zinco.

. . . .

. . . .

. . . .

Alcuni di que' fogli stagnati, che si chiamano impropriamente *carta d' argento*.

. . . . } Stagnole diverse.
. . . .

Piombo.

Alcune qualità di Stagno in lastre, o in verghe.

Regolo d' Antimonio.

Altre qualità di Stagno.

Alcune qualità di Ferro.

altre di simil fatta, le quali con tutta l'apparenza favorevole alla Teoria di Galvani, per cui furono

---

Regolo di Bismuto.
Altre qualità di Ferro.
Bronzi varj.
Ottone, Oricalco, ec.
Rame.
Regolo di Cobalto.
Ferro piritoso non cristallizzato.
Galena tessulare, ossia pirite di piombo.
Platina.
. . . .
Mercurio.
Pirite di ferro cubica.
Pirite arsenicale cristallizzata.
Oro.
Argento.
Miniera di Manganese grigia radiata.
Rame piritoso.
Piombaggine.
Alcuni pezzi di Carbone di legna.

Riguardo a questa tavola conviene ch' io faccia osservare due cose. La prima, che le linee punteggiate interposte ad alcuni dei nominati corpi dinotano altrettanti gradi di distanza, ossia di differenza in ordine alla virtù, di cui si tratta. All' incontro dove si succedono immediatamente i corpi specificati, la differenza è di un grado solamente, ossia picciola; anzi talvolta così picciola, che dalle sperienze da me fatte a questo oggetto mi rimane ancora qualche dubbio, se sian posti tutti giustamente nel luogo, che loro compete, e qualcheduno non debba confondersi affatto, o scambiarsi col vicino: dipendendo fors' anche da circostanze accidentali, che di due collocati immediata-

avidamente abbracciate da' suoi partigiani, che ne menarono gran romore, vedremo che esaminate in

---

mente vicini nella tavola, ora il superiore prevalga all' inferiore, or l'inferiore al superiore, secondo che si variano le sperienze. Se però la differenza è poco marcata, talora incerta, e forse anche variabile tra due corpi vicinissimi, ossia distanti di un sol grado nella quì esposta tavola (la quale vorrebbe essere con ulteriori sperienze rettificata ed estesa ancora), ella è marcatissima, nè soggiace ad incertezza od equivoco tra quelli, che distano di molti gradi, come l'argento dal ferro, e questo dai fogli stagnati o dallo zinco; e notabile sì anche, nè punto equivoca, ove la distanza notata dalla Tavola giunga a 3, 4 o più gradi, come tra il regolo di antimonio e quello di bismuto; tra il ferro e il rame; la platina e l'argento ec.

La seconda cosa che merita osservazione si è, che non i soli metalli, ma molte miniere, e le piriti singolarmente, ancorchè contengano assai più solfo, il quale è pur materia coibente, che sostanza metallica; riescono non ostante conduttori e motori tanto buoni presso a poco quanto i metalli puri: all' opposto altre miniere ricche, e alcune ricchissime di metallo, ma calciforme, ossia *ossidato*, si mostrano assai cattivi conduttori. È osservabile ancora, che le anzidette piriti, o *solfuri metallici*, godendo in un colla virtù conduttrice quasi all' istesso grado dei metalli (come dicemmo) anche della facoltà motrice, tengono in ordine a questa dei posti vicini all' argento e all' oro: ai quali pure stanno vicini, cioè uno o due gradi sotto, la piombaggine e il carbone Tutti questi corpi però io li pongo in una sol classe, che chiamo de' *conduttori metallici*, o 1.ª classe.

Or dunque, ritornando al proposito, ogni qualvolta due di tai conduttori e insiem motori di 1.ª classe, diversi di specie, combaciando un di quà l'altro di là de' conduttori

tutte le loro circostanze e aggiunti, moltiplicate e variate, come si conviene, comprovano anzi eviden-

---

umidi o di 2.ª classe continui, comunicano anche fra loro, o immediatamente, o per mezzo d' altri anch' essi di 1.ª classe, e compiesi così il circolo; ogniqualvolta, dico, han luogo queste condizioni, il fluido elettrico viene smosso e tratto in giro nella direzione, che va da quello di detta 1.ª classe, che è superiore nella disegnata tavola, all' altro inferiore, attraversando il conduttore, o conduttori di 2.ª classe interposti, rifluendo indi in quel primo, e proseguendo una tal circolazione, finchè non s' interrompe il circolo in alcun luogo: la qual corrente è tanto più forte, quanto i due conduttori di 1.ª classe sono più diversi, ossia distano più gradi un dall' altro nella tavola o scala sovraesposta. Tuttociò ho io dimostrato con tali e tante sperienze, che non lasciano più alcun dubbio. Debbe dunque ammettersi che in moltissimi casi ove compiesi un circolo o catena di conduttori diversi di specie, anzi in tutti i casi, in cui intervengono nel modo succennato due della 1.ª classe appunto diversi, eccitasi in virtù de' loro combaciamenti co' conduttori di 2.ª classe interposti, una corrente elettrica; la direzione e la forza della quale viene determinata da quella delle due azioni, che si dispiegano ne' detti respettivi combaciamenti, che prevale. Or se in qualche altro caso e sperienza, in cui o non s' adoprino conduttori metallici, o metalli simili, può sembrare che gli organi animali, anzichè i conduttori applicati, siano i moventi del fluido elettrico; che in quegli esista veramente una carica o sbilancio di esso fluido, e che questi facciano semplicemente l' officio di scaricatori; se, dico, può sembrare talvolta che le convulsioni muscolari procedano da una vera e propria elettricità animale, quale se la figurano i Galvaniani; non dobbiamo così facilmente lasciarci sedurre da simili apparen-

temente l' opinion mia, e non lasciano a quell' altra più alcun appiglio o risorsa.

Io non so se tra quelli, che stanno ancora per l' Elettricità animale vera e propria nel senso sopra spiegato, vi troviate ancor Voi, mio caro Professore, a cui è piaciuto sempre di ampliare, forse anche troppo, l' impero dell' Elettricismo, e sottomettere alla sua influenza il più gran numero possibile di fenomeni naturali, e in particolare alcuni dell' economia vegetabile ed animale, e che anzi prevenuto

---

ze, e ammettere così per poco quest' altro principio dell' elettricità propria ed attiva degli organi, quando vi sia pur maniera di spiegare anche codeste poche sperienze col solo principio, che spiega tutte le altre, dell' azione cioè de' conduttori diversi applicati a mutuo combaciamento: principio già stabilito e dimostrato con tante altre prove. Se pertanto io farò vedere, che possono diffatti spiegarsi così, non che la maggior parte delle sperienze, ma tutte affatto; l' altro principio della supposta elettricità propria e attiva degli organi diverrà superfluo, e quindi sommamente improbabile. Dessa poi è tanto più inammissibile, quantochè nell' applicazione di tal principio, e di qualunque teoria fabbricatavi sopra, alle particolari esperienze, incontransi ad ogni passo nuove difficoltà e anomalìe inesplicabili, come han dovuto già provare i sostenitori suoi, obbligati ad immaginare ogni sorta di ripieghi, e a moltiplicare ipotesi, per dare una tal quale spiegazione, e conciliare in qualche maniera tanti fenomeni disparati e ripugnanti; i quali all' incontro non sono più tali, nè presentano anomalìe, tostochè si riducano al principio da me stabilito, in cui trovano una facile e chiara spiegazione, come si vedrà.

vi mostraste in alcune operette dalle idee di una Elettricità spontanea negli animali, e molto vi studiavate di comprovarla con esperienze varie, alcune delle quali veramente curiose: e ciò molto innanzi che fosser note quelle affatto sorprendenti di Galvani. Non so bene quale impressione vi abbian fatte dapprima tali sperienze del Prof. Bolognese; in seguito le mie molto più estese e variate, dalle quali ho tratto conseguenze ben diverse, e in nulla favorevoli alla supposta elettricità animale; e finalmente le nuove di Valli, ed altre analoghe, con cui si è preteso di ristabilirla inconcussamente. So che queste ultime ne hanno imposto a molti, come già dissi; i quali veggendo ottenersi in qualche modo le convulsioni nelle rane di fresco preparate e sensibilissime, anche senza l' intervento di alcun conduttore metallico o carbone, ciò che io avea pronunciato non succedere mai (*a*), perchè non mi era

---

(*a*) Così ho avanzato con troppa franchezza nella 2.ª delle lettere scritte l' anno scorso » Che fuori dei metalli, » delle miniere, e del carbone di legna, il quale per la » virtù di cui si tratta, non meno che per quella di esser » eccellente conduttore, va posto in compagnia de' metalli, » niun' altro conduttore è atto, applicandolo in qualità di » armatura, a produrre nè il sapor elettrico sulla lingua, » nè la coruscazione nell' occhio, nè il bruciore, nè mo- » vimento alcuno ne' muscoli della rana la più vivace, e » meglio preparata ». Tuttociò va bene, a riserva dell' ultima riga, in cui ho oltrepassato il vero dicendo, che non si possano in alcun modo eccitare, senza l' intervento dei conduttori metallici di 1.ª classe, i moti convulsivi de' mu-

fino allora riuscito (e infatti non riesce che difficilmente), non cercarono di più per darla vinta ai sostenitori dell' Elettricità Animale , della pretesa carica cioè o sbilancio di fluido elettrico tra nervi e rispettivi muscoli , o tra l' interno e l' esterno di essi muscoli. Eppure in niun modo vien provata da tali sperienze siffatta Elettricità animale, come mi propongo di far vedere; esse mostrano soltanto, che sono io andato troppo innanzi asserendo, che non si potrebbe mai coll' applicazione di soli conduttori umidi, ossia di 2.ª classe, senza l' intervento cioè di alcun metallo, o conduttore di 1.ª, eccitare le convulsioni nelle rane comunque preparate e facilissime a risentirsi. Ecco in che debbo ritrattarmi, ossia correggere le espressioni troppo generali da me avanzate: non però riguardo alla proposizione capitale, che ho sostenuta, e che sostengo ancora, cioè che la mossa al fluido elettrico vien data, non già dagli organi animali, in cui trovisi esso fluido, come suppongono i Galvaniani, in uno stato di ca-

---

scoli nelle rane comunque vivaci e preparate nella miglior maniera. Ho dunque detto troppo in quello, e in altri passi; come dove torno a dichiarare: » Che nulla mai e » poi mai può ottenersi senza di quelli (i conduttori me- » tallici), cioè coi soli deferenti umidi, nelle rane anche » più vivaci e meglio preparate »; e dove replico ancora infine dell' ultima nota » Che non succedono mai le con- » vulsioni facendo comunicare i nervi della rana co' suoi » muscoli mediante arco conduttore, che non sia metalli- » co ». Or si vedrà come debbano tali espressioni correggersi o modificarsi.

rica o di sbilancio; bensì da una forza, che risulta dal combaciamento di conduttori dissimili, che entrano nel circolo: che insomma ella è, anche in tali sperienze, in cui non s' adoprano metalli, un' elettricità artificiale eccitata da causa estrinseca, ossia movente esterno, e in niun modo da principio o forza interna degli organi animali, de' nervi o muscoli.

Per venire ora più da vicino a codeste sperienze, non mi fa stupore, che abbian sorpreso e tirato molti, che prima ne dubitavano, a credere alla supposta Elettricità animale, e a dichiararsi apertamente per essa tutti quelli cioè, che non sono andati più innanzi, e non han fatto un maturo riflesso alle circostanze. Senza questo dovettero restare sedotti (e chi poteva non esserlo a prima giunta?) al vedere eccitarsi delle contrazioni più o meno forti in tutti i muscoli delle gambe posteriori di una rana compitamente preparata, mercè il ripiegare semplicemente una di esse gambe, e addurla al contatto de' nervi ischiatici ossia crurali, oppur de' muscoli del dorso.

Codesta è l' esperienza principale, con cui crede il Valli, e credono i Galvaniani tutti (vecchi e nuovi) di aver vinta la causa contro di me, e fino di avermi ridotto al silenzio. Altre sperienze consimili son quelle di tenere sospesa pe' piedi la rana con una mano, e con un dito dell' altra, o colla lingua toccare i nervi crurali pendenti, o la porzione di spina, che ad essi è lasciata attaccata: di tener in egual modo sospesa la rana per una gamba; far pe-

scare detta spina, o buona parte del tronco, se tutto o quasi tutto è rimasto attaccato (*a*), nell' acqua di un catino; e portare l' altra sua gamba al contatto dell' acqua medesima: nell' uno e nell' altro de' quali moti succede pure qualche volta di eccitare le convulsioni: come succede in quell' altra maniera descritta già nell' operetta anonima (intitolata *dell' uso e dell' attività dell' arco conduttore nelle contrazioni dei muscoli*. Modena 1794), di cui ebbi occasione di parlare nelle note alla 2.ª delle lettere, che vi scrissi nella primavera dell' anno scorso; la qual maniera consiste nel fare che i nervi pendenti,

(*a*) Nella preparazione della rana alla maniera di Galvani si pratica comunemente di lasciar attaccato ai nervi ischiatici soltanto un pezzetto di spina dorsale, cioè tre o quattro vertebre al più: ma io soglio lasciar tutto il tronco colle zampe davanti, recisa unicamente la testa; e ciò mi è di vantaggio e di comodo in molte sperienze. Trovo del resto spediente di finir di trucidare la rana col passarle uno stecco tutt' al lungo della spinal midolla: con che convellendosi furiosamente, e stendendo ella le gambe posteriori, in pochi istanti e dopo brevi palpitazioni muore affatto; cioè si rilasciano le sue membra e diventano naturalmente immobili, restando solo eccitabili per lungo tempo ancora agli stimoli meccanici, e molto più agli elettrici. In tale stato i moti che vi si destano cogli artifizj dei conduttori ec., non possono essere equivoci, o confondersi con i moti volontarj; come allorchè la rana, per averle conservata illesa la midolla spinale, vive ancora, tuttochè decapitata; o almeno tiene ripiegate e attratte le gambe, e fa resistenza a chi gliele stenda, le ritira di nuovo con forza, spesso le vibra calcitrando ec.

o il pezzetto di spina attaccato, vadano a toccare le coscie.

Queste, e simili sperienze, ove non interviene alcun conduttore metallico, ossia di quelli che io chiamato avea *eccitatori* o *motori;* ove una parte dell' animale medesimo fa tutto l' arco conduttore, o, se non lo fa tutto, il resto per compire il circolo è fatto da altri deferenti umidi; tali sperienze gridano i Galvaniani, sono decisive, perentorie: quì l' elettricità non può ripetersi che dagli organi animali, ne' quali cioè trovisi il fluido elettrico in istato di carica o di disequilibrio, sbilanciato, come pare tra i nervi e i muscoli, in cui quelli s' impiantano, o tra l' interno e l' esterno de' muscoli medesimi, come ebbe per più probabile l' istesso Galvani. E voi, che ne dite, Amico? la date così subito loro vinta? O restate ancora perplesso per le tante altre sperienze da me prodotte, nelle quali è pur manifesto, che l' elettricità è meramente artifiziale, che il fluido elettrico è mosso da causa estrinseca, per un' azione cioè che risulta dal combaciamento di conduttori dissimili? Oppure per fare la pace, e conciliare le une colle altre sperienze, adottate Voi ambedue i principj, e tenete (come opinai anch' io una volta, ma per poco tempo (*a*)), che quando

---

(*a*) Ecco ciò ch' io scrivea in una lettera all' Ab. Tommaselli di Verona in agosto del 1792. » ho ottenuto molti » fenomeni nuovi; tali però, che estendendo apparente- » mente gli effetti di siffatta elettricità animale, ne ri-

l'uno e quando l'altro sia la causa delle convulsioni eccitate? Può infatti credersi, che i metalli di specie

---

» stringono assai l'influenza e distruggono in gran parte
» le spiegazioni del Dott. Galvani, e mostrano qualmente
» i moti muscolari, che si eccitano coll'artificio delle arma-
» ture metalliche, sono d'ordinario effetti d'un'elettricità
» appunto artificiale estrinseca: non sempre però, come
» si potrebbe essere tentato di credere; giacchè ho pur
» dimostrato, ... che anche per sola forza organica
» viene squilibrato e mosso il fluido elettrico tra nervi e
» muscoli, o tra l'interno e l'esterno di questi; onde sus-
» siste ferma e stabile la grande scoperta di Galvani di una
» vera e propria *elettricità animale*, comunque debbasi a
» a più pochi fenomeni limitare. » E poco dopo: » Ma la-
» sciando le spiegazioni e considerando il puro fatto del
» trasporto di fluido elettrico dall'una all'altra parte del-
» l'animale occasionato da due armature di diverso me-
» tallo applicatevi, torno a dire, che quando siffatta circo-
» stanza è necessaria, cioè che siano appunto armature
» diverse, perchè eccitinsi i moti muscolari, di maniera
» che, ove siano quelle eguali, questi moti più non succe-
» dano; non può dirsi a ragione che ivi giuochi alcuna vera
» *elettricità animale*, potendosi o dovendosi quegli effetti
» attribuire propriamente ad *elettricità artificiale*, eccitata
» di presente col nuovo indicato mezzo.

» Ma in caso diverso, cioè quando snudato ed isolato il
» nervo alla maniera del Dott. Galvani, si tocca sì questo,
» che il muscolo in cui s'impianta, con due capi del me-
» desimo metallo, oppure armati essendo tanto il musco-
» lo, quanto il nervo coll'istesso metallo, e nella stessa
» stessissima foggia, si eccitano nulladimeno le convulsioni:
» oh allora sì che possiamo con sicurezza asserire esser
» causa di cotai fenomeni una *vera e propria elettricità*

diversa abbiano realmente nel combaciamento loro co' conduttori umidi la virtù di movere il fluido elet-

---

» *animale*. E invero d' onde mai può venire la mossa al
» fluido elettrico, non essendovi ragione per cui venga in
» virtù delle armature, che sono affatto simili; se non pro-
» cede originariamente dalle parti organiche medesime,
» cui stanno quelle applicate, in grazia di trovarsi esso
» fluido sbilanciato tra coteste parti, cioè tra nervo e mu-
» scolo, o tra l'interno e l'esterno del muscolo, in cui pe-
» netra e si dirama esso nervo? Un tale stato però di na-
» turale elettricità, ossia sbilancio di fluido negli organi,
» dura poco dopo la morte dell'animale, e la sua dissezio-
» ne; e quindi cessa in pochi minuti di convellersi la rana
» tentata così: laddove tentata nell'altra maniera, cioè
» coll' artifizio delle armature dissimili, continua l'anima-
» letto a sgambettare per ore ed ore, e sì anche applican-
» dole ambedue all'esterna faccia de' muscoli, senza snu-
dare alcun nervo. »

Non diversamente mi spiegai in un'altra lunga lettera scritta verso il tempo medesimo ad un celebre Fisico Olandese il Dott. Van Marum, la quale deve essere stata pubblicata negli Atti della Società di Harlem, o in qualche giornale; e nella Memoria mandata in quel torno alla Società R. di Londra, per ordine di cui venne inserita nel volume delle Transazioni Filosofiche per l'anno 1793. Trascriverò quì uno squarcio anche di questa. » Enfin puis-
» qu'avec des armures de differents metaux, appliquées soit
» aux nerfs seuls, soit aux muscles, on vient à bout d'exciter les
» contractions dans ceux-ci, et le mouvement des membres,
» on doit conclure que s'il ya des cas (ce qui pourroit bien
» encore paroître douteux) où la pretendu decharge entre
» nerf et muscle est cause des mouvements musculaires
» dont il s'agit; il y a bien aussi des circonstances, et plus

trico; e che ad una tale azione, alla corrente elettrica quindi eccitata, troppo debole per potersi ma-

---

» fréquentes, où l'on obtient les mêmes mouvements par
» un tout autre jeu, une toute autre circulation du fluide
» électrique.

» Oui: c'est un tout autre jeu de ce fluide (dont on
» trouble plutôt l'équilibre que de le retablir) en ce qu'il
» coule d'une partie à l'autre ...... non pas en conse-
» quence d'un excès ou défaut respectif; mais par une ac-
» tion propre de ces mêmes mètaux, lorsque ceux-ci sont
» de differente espèce. C'est ainsi que j'ai découvert une
» nouvelle loi, qui n'est pas tant une loi d'électricité ani-
» male, qu'une loi d'électricité commune, à laquelle on
» doit attribuer la plûpart des phénomènes, qui parois-
» soient, d'après les expèriences de M. Galvani et plu-
» sieurs autres que j'avois faites moi-même à la suite de
» celles-là, appartenir a une véritable électricité animale
» spontanée, et qui n'en sont pas: ce sont reellément des
» effets d'une électricité artificielle très-foible, qui s'excite
» d'une manière, dont on ne s'étoit pas douté, savoir par
» la simple application de deux armures de différents mé-
» taux, comme j'ai indiqué, et j'expliquerai mieux dans la
» suite.

» Je dois dire ici, qu'à la découverte de cette loi nouvel-
» le, de cette électricité artificielle jusqu'à présent incon-
» nue, je me défiai d'abord de tout ce qui m'avoit paru
» demontrer une électricité animale naturelle dans le sens
» propre; et que j'étois sur le point de revenir de cette idée.
» Mais repassant avec un examen reflechi tous les phéno-
» mènes, et repétant les expériences sous ce nouveau point
» de vue, je trouvai enfin que quelques unes soutiennent en-
» core cet examen, celles par ex. où l'on n'a pas besoin des
» armures différentes, ni même d'armure quelconque, un

nifestare co' segni de' comuni elettrometri, ma pure più che sufficiente ad irritare i muscoli volontarj, o

---

» simple fil métallique étant suffisant, ou tout autre corps
» qui puisse faire office d'arc conducteur entre le nerf dé-
» pouillé et un des muscles dépendants, pour exciter dans
» ces derniers les convulsions; et qu'ainsi l'électricité ani-
» male naturelle et proprement organique subsiste, et ne
» pas être renversée entièrement. Les phénomènes qui l'éta-
» blissent, quoique beaucoup plus limités, ne laissent pas
» que d'être démonstratifs, comme je viens d'indiquer, et
» je ferai voir plus amplement dans la suite. »

Ma in seguito fui anzi costretto di abbandonare del tutto una tal idea: e come già avea trovato, che nella maggior parte dei casi dovevansi le convulsioni eccitate a quella specie di elettricità artificiale, che movono colla lor applicazione e combaciamento i conduttori dissimili, massime i metallici, piuttosto che alla supposta elettricità animale; cominciai ben presto a sospettare, che anche negli altri casi assai rari, nelle pochissime sperienze cioè, in cui senza l' intervento de' metalli diversi succedono pure le convulsioni, e lascian luogo a crederle cagionate da una vera e propria elettricità animale (con che mi compiaceva pure di mantener salva, almeno in parte, la Teoria di Galvani), potessero similmente procedere gli effetti da elettricità estrinseca, da una mossa cioè data al fluido mercè l' incontro e combaciamento di conduttori in qualche modo diversi nell' arco di comunicazione: e un tal sospetto andò pur troppo verificandosi, a misura che mi avanzai con più sottili ricerche ed esperienze in mille modi variate, a danno della povera elettricità animale, che non ha più onde sostenersi: come in parte ho già fatto vedere ne' scritti posteriori al 1792, segnatamente nelle altre due lettere all' Ab. Vassalli del 1794, e finirò di mostrare in questa e nelle seguenti.

piuttosto i respettivi nervi, ed altri mol to sensibili, per cui passi raccolta; a siffatta corrente abbastanza attiva si risentano le rane, anche preparate da lungo tempo è già molto debilitate, anche le non intieramente preparate, anche senza averne denudati i nervi, e fino i semplici muscoli staccati di esse, o di qualunque animale; e così pure si risentano i nervi del gusto, della visione ec., come ho scoperto: può credersi così, anzi non può credersi altrimenti in tante e tante sperienze, nelle quali con questo mezzo solamente de' metalli diversi ottener si possono gli accennati effetti; e può credersi nell' istesso tempo, o sospettarsi almeno, che anche talvolta proceda il moto del fluido elettrico da una vera carica o sbilancio negli organi animali, come presumono i Galvaniani; quando p. es. si eccitano le convulsioni o con un sol pezzo di metallo, o con due, ma della stessa specie, e fino senza alcun metallo, con un arco cioè di soli conduttori umidi, ossia di 2.ª classe, come le novelle sperienze ci mostrano, che pur succede talvolta. Ove però si ammetta una tal carica o tensione del fluido elettrico negli organi, dovrà dirsi che sia sommamente debole, e abbia luogo solo per pochissimo tempo; osservandosi che non si eccitano d' ordinario se non convulsioni deboli e difficilmente, e solo nelle rane preparate di tutto punto e affatto recentemente, e dotate della massima vitalità. Ma infine se basta, come farò vedere e toccar con mano, a spiegare anche queste poche sperienze ambigue, se basta il solo principio dell' azione de' conduttori dissimili,

principio dimostrato da tante altre prove sperimentali (chiare e parlanti, e senza paragone più numerose), a che ricorrere ad un' altro principio supposto e non provato, di un' elettricità cioè propria ed attiva degli organi animali ? Perchè introdurre due principj affatto diversi per fenomeni dell' istesso genere, e del tutto simili (1)?

Dietro queste riflessioni osservando più attentamente, ed analizzando quelle sperienze, in cui mi riusciva di eccitare le convulsioni nella rana con due armature dell' istesso metallo, e fino con un arco di un sol pezzo senza altra armatura, venni a scoprire che anche picciole accidentali differenze tra dette armature, o tra i due capi dell' arco metallico, nella tempera cioè, nel polimento ec. bastavano a dar mossa al fluido elettrico, e ad indurre una corrente del medesimo valevole a scuotere la rana compitamente e di fresco preparata: la qual cosa, ch' io avea verificata con moltissime prove sperimentali, fece il soggetto della 1.ª delle lettere già mentovate, scrittevi l' anno scorso. Così poi quando alcuni mesi dopo fu richiamata la mia attenzione alle nuove sperienze del Valli, in cui non entra metallo di sorta, ripetendo e analizzando anche queste, con rivolgerle e variarle in più maniere, non tardai molto a riconoscere, che quì pure la diversità de' conduttori combaciantisi è necessaria, e che tutto il giuoco dipende da questa diversità: e di tale ulteriore sco-

---

(1) Vegg. la nota pag. 235.

perta e spiegazione ne feci parte in lettera fin dal principio del passato inverno al Cav. Banks Presidente della Società Reale di Londra, e ad altri miei corrispondenti; per nulla dire dei molti e nazionali e forastieri, a cui ho mostrate in tutto il corrente anno le sperienze, e che trovandole decisive hanno senza più esitare sottoscritto alla mia opinione.

Non dubito pertanto che non siate per soscrivervi ancor voi, Collega stimatissimo, qualunque sia stato fino ad ora il vostro sentimento, sol che pesiate bene le ragioni, e più le sperienze, che con maggiore ampiezza di quello ho fatto con altri vado ad esporvi; e vi piaccia di ripeterle voi medesimo. Quest' ultimo, oso dire, è necessario: non basta leggere o sentire da altri le descrizioni; bisogna vedere le sperienze, farle, rifarle, rivolgerle in molte forme e maniere, come ho praticato io, per ritrarne una perfetta convizione (*a*).

(*a*) Finchè si leggono soltanto le memorie di chi sostiene, e di chi nega l' Elettricità animale, in questione; essendo per avventura in maggior numero gli scritti in favore, massime dopo la pubblicazione delle sperienze, in cui si eccitano le convulsioni nella rana facendo far arco conduttore ad una delle sue gambe senza adoperar metalli, nè altro corpo estraneo all' animale; e mostrando al di più cotesti scritti una cert' aria di trionfo; è facile restarne preso ed abbagliato: tanto maggiormente, che più bella e plausibile, più feconda di applicazioni comparendo l' ipotesi di tal elettricità propria degli organi animali, più volentieri si lascia il facile lettore tirare ad essa. A vincere codesta propensione, a toglier d' inganno i prevenuti o sc-

Non sarà inutile prima di tutto ch' io mi trattenga un poco a farvi più da proposito osservare quello, che di passaggio ho già toccato, cioè che non sempre, e a mala pena, anche nelle rane preparate di tutto punto, e solo per poco tempo, riescono le vantate sperienze delle convulsioni eccitatevi senza l'intervento di alcun metallo; come avrete di già voi medesimo provato: laddove coll' applicazione di due conduttori metallici assai diversi, ed anche di un solo metallo, interposto però a due conduttori non metallici molto pure diversi fra loro (che è un secondo mezzo da me scoperto poco meno efficace del primo, come farò vedere in progresso), non si manca mai di ottenere le convulsioni incomparabilmente più forti, e per assai più lungo tempo, e sì anche nelle rane intiere o preparate per metà, cioè sviscerate soltanto. Son dunque ben poco efficaci tutti que' mezzi, in cui non si adoprano gli eccita-

---

dotti, non basta il racconto e la descrizione anche minuta di altre sperienze in molto maggior numero che depongono in contrario, quali sono le mie, e che spiegano in tal senso contrario quelle stesse credute favorevoli all' elettricità animale in questione: bisogna per convincerli ch' essi medesimi vedano e tocchino con mano codeste sperienze che vorrebbero non credere se potessero, e che la loro fantasia sfigura quanto può, finche vengono soltanto narrate. Ma se avviene così, descrivendole cioè solamente, che si tolga a tali sperienze molto dell' impressione, che dovrebbero fare; succede poi, allorchè son poste sott' occhio, che convincano addirittura: come è seguito a molti, a cui ho avuto occasione in quest' anno di mostrarle.

tori metallici, se è assolutamente necessario per ottener qualche cosa, che la rana sia preparata nella miglior maniera possibile, in guisa cioè che le gambe tengano al tronco per i soli nervi ischiatici, e preparata così di fresco, e piene le sue membra di vitalità; e se non sempre si ottengono le convulsioni neppure con tale perfetta preparazione, e le altre favorevoli circostanze, anzi solo rarissime volte, nella maggior parte de' sopra divisati modi.

Più spesso è vero, e per più lungo tempo si ottengono nella maniera descritta per la prima, che è di ripiegare una delle gambe della rana, e addurla al contatto o de' detti nervi ischiatici, pe' quali soli restano esse gambe attaccate al tronco, o di una parte qualunque carnosa del tronco medesimo; non però sempre neppure nelle rane più vivaci, e ne' primi momenti dopo la dissezione (che sono i più favorevoli): non sempre, dico, si ottengono le convulsioni neppure adoperando in questa maniera; e si osserveranno le circostanze nelle quali suol succedere, e quelle in cui non succede mai o quasi mai l'esperienza, si verranno facilmente a scoprire le condizioni richieste al riuscimento: e queste condizioni ci faran conoscere finalmente la causa vera di tali fenomeni, il principio generale da cui dipendono.

Queste condizioni sono dunque, 1.° che il corpo della rana trucidata, scorticata e finita di preparare, non sia già deterso e netto, come sarebbe lavato nell' acqua; ma anzi sporco, imbrattato in parte almeno di sangue, o di altro umore più o

men viscido e tegnente: la qual circostanza, delle membra cioè lorde di sangue, si accenna di passaggio dall' istesso Dott. Valli. In difetto giova intridere a bella posta quella parte della gamba, de' nervi o del tronco, ove ha da succedere in appresso il combaciamento, ossia mutuo contatto, con scialiva (come ha notato l' anzidetto Autore), con acqua salata (*a*), con orina, con muco, con diversi succhi vegetabili ec., meglio con sapone stemperato in poca acqua, e assai meglio ancora con liquori acidi od alcalini concentrati: come ho trovato io nel moltiplicare e variare in mille modi

---

(*a*) Anche nelle sperienze oppostemi nell' operetta citata *dell' uso e dell' attività dell' arco conduttore* ec., delle quali ho reso conto nella Nota della lettera 2.ª, accenna l' autore anonimo, che succede più facilmente di veder eccitare le convulsioni nell' atto che il picciol troncone di spina pendente dai nervi ischiatici si porta a toccare le nude coscie, ove siano state queste parti per qualche tempo in un bagno di acqua salata, e se ne trovino inzuppate. Or dunque non mi attengo più alla spiegazione ch' ivi ho cercato di dare, ricorrendo cioè ad un' irritazione meccanica per via di urto o pressione qualsiasi, spiegazione, di cui non mi trovava neppur allora soddisfatto pienamente, e colla quale non si può render ragione alcuna del come e perchè l' acqua salata ed altri liquori contribuiscano tanto alla riuscita di tali sperienze; ma riduco sì queste, che le altre analoghe, ad un' azione sopra il fluido elettrico, che esercitino anche i conduttori non metallici (sebbene incomparabilmente più debole) in virtù del mutuo combaciamento, ove sian pure codesti conduttori ed eccitatori, a paragon de' metalli imperfettissimi, tra loro diversi: come verrò spiegando.

codeste sperienze; e come vi sarà facile di verificare.

2.° Che il contatto dè' nudi nervi ischiatici, o de' nudi muscoli del tronco si faccia, non da qualsisia parte della gamba, ma dal tendine in cui termina il muscolo grosso di essa gamba, ossia il gastrocnemio; il qual tendine o ligamento passando sopra l' articolazione del piede si prolunga fino alle estreme dita e salta all' occhio pel suo colore bianco e di un lucido argenteo o piuttosto di perla.

È cosa veramente curiosa il vedere come adducendo al contatto dei muscoli dorsali, anche intrisi di sangue, o di altro umore viscido o salino, i muscoli delle coscie, niente succede; e niente pure facendo a quelli combaciare l' istesso muscolo gastrocnemio al di sopra della sua metà, cioè per tutta quella parte ch' esso si mostra puramente carnoso e rossiccio; e che all' incontro facendolo toccare al di sotto; cioè per la parte in cui il muscolo medesimo degenera in sostanza tendinosa e comincia a presentare l' anzidetta superficie lucida e bianca, nascono le convulsioni. Convien dunque imprimere sopra i muscoli del tronco, o sopra i nervi ischiatici l' estremità di detto muscolo gastrocnemio, o l' articolazione del piede, o il resto ove compare a nudo il gran tendine, cioè portare al combaciamento qualche punto di quel lungo tratto bianco, e non altrimenti; s ottener si vogliono le convulsioni: le quali neppure con ciò si ottengono sempre, anzi non mai o quasi mai; se anche l' altra

condizione e non vi si ritrova, cioè dell' umore viscido o salino interposto. In prova di che, se lavisi ben bene la rana preparata con acqua netta, non servirà più a nulla neppure il contatto fatto sopra i muscoli dorsali colle parti tendinose bianche della gamba. Che se pure succeda alcuna volta di eccitare così delle convulsioni, anche dopo tal lavatura, si può credere che tuttor vi sia dell' umore eterogeneo aderente: infatti quando dopo aver lavata la rana una volta e per poco tempo, mi è succeduto per accidenti di poter ancora eccitarvi le convulsioni nel modo indicato; non le ottenni più dopo una seconda lavatura più accurata, in cui venni stropicciando bene le parti, massime il dorso e i contorni delle ferite.

Vi vogliono dunque ambedue le condizioni, e dell' umore eterogeneo interposto e dell' eterogeneità, dirò così, delle parti animali che si affacciano: che non siano cioè queste troppo simili, come muscolo e muscolo, massime di eguale struttura e consistenza; ma differiscano anzi notabilmente: e la differenza, che trovo più conducente, è quella appunto tra tendine e muscolo, o tra tendine e nervo (quella tra muscolo e nervo non lo è tanto); siccome la differenza più opportuna all' intento tra questi conduttori animali e il terzo che dee trovarsi ad esso interposto (allorchè viene a compiersi il circolo), è che tale terzo corpo preso di mezzo sia un umore viscido o salino, o meglio sapone stemperato, o meglio ancora alcali reso appena liquido, come già ho indicato.

Or queste circostanze e condizioni richieste all'uopo di destare le convulsioni nelle rane puntualmente preparate, senza l'intervento di alcun metallo o conduttore della 1. classe, bastano già a mostrare, che non procede dunque la corrente del fluido elettrico eccitatrice di tali convulsioni da alcuna scarica o mossa data ad esso fluido dagli organi animali: giacchè per qual ragione succederebbe siffatta scarica soltanto portando al contatto dei muscoli del tronco o dei nervi ischiatici, le parti tendinose della gamba; e in niun modo facendovi toccare nella stessa foggia le parti muscolari, ossia le carnose e molli dell'istesse gambe o delle coscie; quando il circolo conduttore sarebbe in questo caso compito egualmente, ed egualmente atto, anzi meglio per essere più corto, e per essere quelle parti appunto perchè più molli e succose, più deferenti che il duro tendine e men umido? E per qual ragione ancora non succederebbe pel contatto immediato, pel combaciamento di qualsisia parte della gamba coi muscoli dorsali, senza l'interposizione di un terzo corpo deferente diverso dall'una e dall'altra sostanza animale, e diverso dall'umore acqueo; senza l'interposizione, dico, di un umore glutinoso o salino? E non dovrebbe anzi succedere assai meglio coll'applicazione immediata della gamba ai muscoli dorsali, che frapponendosi tal terzo corpo, il quale ben lungi dal rendere più facile e spiccia la via conduttrice già alquanto resistente, per essere le istesse sostanze e umori animali deferenti non del tutto perfetti, non può che renderla

viepiù resistente, sendo esso pure che si frammezza un conduttore imperfetto? Or come dunque moltiplicando i conduttori imperfetti, formando l' arco di tre di questi, invece di due, si faciliterebbe la supposta scarica e tragitto del fluido elettrico? come anzi in questo modo solamente avrebbe luogo essa scarica e tragitto, tale almeno da convellere la rana: e non nell' altro modo, del contatto cioè immediato della gamba, che pur dovrebbe essere più adatto?

Se ciò, come vedesi, è un paradosso inesplicabile, stando alle idee che abbiamo delle cariche elettriche, e de' conduttori considerati semplicemente come tali, ossia come corpi permeabili al fluido elettrico e non altro, se, dico, non possono conciliarsi in alcun modo con queste idee, anzi vi contraddicono manifestamente gli enunciati fenomeni; convien dunque ricorrere ad altri principj, e abbandonata tal supposizione di carica o sbilancio qualsiasi di fluido elettrico ne' nervi e muscoli della nostra rana preparata, considerar i conduttori, di cui si tratta, sotto un'altro aspetto, risguardarli cioè al di più come eccitatori e motori, vale a dire dotati della maravigliosa virtù di concitare il fluido elettrico, impellerlo, smoverlo, tosto che vengano al contatto e si combacino alcuni tra loro di diversa specie; come appunto nelle sperienze testè descritte. Volgete e rivolgete la cosa in tutti gli aspetti, quest'è l' unica maniera di spiegare tali sperienze, ed infinite altre, che si .iducono tutte al medesimo principio, come farò vedere.

Ma che? Saranno anche i conduttori non metallici, i conduttori liquidi, o contenenti in qual si sia modo umore, che chiamo conduttori di 2.ª classe, saranno anch' essi, combinati fra loro soli, eccitatori come lo sono i metalli o conduttori di 1.ª classe, combinati assieme a quelli di 2.ª? Godranno anch' essi della medesima virtù? Sì certo: ma in grado molto inferiore, cedendo ai conduttori metallici per riguardo a tal facoltà motrice, come cedono loro anche rispetto alla conduttrice.

Io ebbi queste idee fin dal principio, e le spiegai ad alcuni amici e corrispondenti, fra i quali al Sig. Abate Dommaselli di Verona, e al Dott. Van Marum celebre Fisico Olandese in alcune lettere scritte nell' estate del 1792 dall' una o dall' altra delle quali vi ricopierò qualche squarcio a piè di pagina, acciò vediate se io non inclinava a credere, e tenea quasi per fermo, che anche nel combaciamento de' conduttori umidi, ossia di 2.ª classe, sol che fosser diversi fra loro, veniva dato impulso al fluido elettrico, non altrimenti che nel combaciamento de' metalli o conduttori di 1.ª classe coi detti umidi (*a*).

(*a*) Nella Lettera all' Ab. Tommaselli io mi spiegava nei seguenti termini: » son dunque i metalli non solo condut» tori perfetti, ma *motori* dell' Elettricità: non solo prestano » essi la via facilissima al passaggio del fluido elettrico, che » trovandosi già sbilanciato tenda a portarsi dal luogo in » cui sovrabbonda a quello che rispettivamente ne scarseg» gia; ma van producendo essi stessi e promovendo un tal » quale sbilancio con estrarre di esso fluido, od introdurne » dove pur trovasi in giusta dose ripartito: e ciò col solo

Senza abbandonar del tutto tali idee mi spiegai in seguito qualche volta diversamente, non tanto per-

---

» stare applicati a qualsiasi altro conduttore; non altrimenti
» che avviene collo stropicciamento degli idioelettrici. E
» siccome tal metallo prevale sopra tal altro nel tirare il
» fluido, o nel rilasciarlo; così avviene che due armature
» di diverso metallo, applicate come si è detto, se comu-
» nichino fra loro, lo mettano in un perpetuo giro . . . . .
» Ella è questa una nuova virtù de' metalli da nessuno an-
» cora sospettata, che le mie sperienze mi hanno condotto
» ad iscoprire ». Or facciasi attenzione a quello che immediatamente soggiungo.

» Nè però io penso, che sia essa propria soltanto de'
» metalli, ma bene *di tutti i conduttori;* e tengo debba
» stabilirsi per legge generale, che il semplice contatto o
» combaciamento di conduttori di diversa superficie, e di
« qualità soprattutto diversa, basta a turbare in qualche
» modo l' equilibrio del fluido elettrico e a smoverlo: senza
» cioè che siavi bisogno di stropicciamento alcuno, il qua-
» le stropicciamento, siccome pure il percuotere, ed anche
» il solo premere, non per altro riescono tanto più efficaci,
» che perchè dan luogo a miglior combaciamento delle
» superficie, adducendo un più gran numero di punti a un
» più perfetto contatto ».

Ciò che quì viene da ultimo semplicemente indicato riguardo all' essere verosimilmente l' istesso principio, l' istessa virtù cioè che si dispiega pel combaciamento de' corpi diversi, la causa tanto dell' elettricità conosciuta che s' induce a forza di stropicciare un contro l' altro due Idiolettrici, oppure un idiolettrico e un anelettrico ossia conduttore, quanto di quella ultimamente scopertasi e meno apparente, mossa da semplici contatti di soli conduttori, l' ho poi spiegato con qualche maggior ampiezza nella lunga lettera al Dr. Van Marum, e cercherò di porlo viepiù in chiaro un' altra volta,

chè credesi che nulla realmente fosse l'azione sul fluido elettrico dei conduttori di 2.ª classe combaciantisi fra loro, comunque diversi, e che in niun modo godessero della virtù eccicatrice; quanto perchè stimai sì meschina tal loro virtù ed azione, sì piccola e languida la corrente elettrica che si potrebbe con essi soli indurre, da non riuscir valevole ad eccitare le contrazioni nella rana neppure la più vivace e meglio preparata. Non debbonsi dunque intendere a rigore alcune espressioni; come dove nella 2.ª delle lettere scrittevi l'anno scorso ho asserito: „ Che l'arco conduttore formato „ da una o più persone, da cuoi, panni, cartoni, „ o corpi bagnati quali essi sieno, da deferenti in„ somma non metallici, nulla più essendo atto a „ prestare che l'officio appunto di conduttore, non „ può determinare alcuna corrente di esso fluido, „ che invada i nervi e muscoli dell'animale collo„ cato nel circolo e gli irriti e scuota „. Non deve, dico, intendersi quello che ivi ho avanzato a tutto rigore: cioè che nulla affatto sia l'azione nel mutuo combaciamento di tali conduttori di 2.ª classe, anche i più diversi; ma bene esser quella un'azione così da poco, che può quasi aversi per nulla. Che se pure volli dire che fosse nulla del tutto, e pensai un momento così; troppo, come si vede, m'allontanai allora dalle idee che ebbi per lungo tempo; e alle quali fui tosto richiamato dalle sperienze quì innanzi descritte dal Valli, ed altre di questo genere da me intraprese: nè piccola fu la compiacenza in veder così verificate le antiche mie congetture;

colle quali generalizzando il principio, che pel semplice combaciamento di conduttori diversi si toglie dal riposo il fluido elettrico, e si smuove, non altrimenti che per la confricazione, tantochè se il circolo conduttore è compito, si determina ad una corrente continua, io attribuiva qualche poco di cotesta virtù eccitatrice anche ai conduttori non metallici qualunque fossero, purchè s'incontrassero dissimili nel combaciamento. Dico *qualche poco di virtù*, avendola sempre creduta e credendola tuttora di molto inferiore a quella che manifestasi nel combaciamento di uno di tai conduttori non metallici, o di 2.a classe, con due metallici, o di 1.a classe, fra loro pure diversi.

Ad ogni modo non può più dirsi essere tanto debole, che l'effetto ne sia sempre insensibile, conforme stimai in addietro, ora che impariamo da nuove sperienze come in alcuni casi, nelle circostanze cioè e condizioni sopra spiegate, si eccita tal corrente elettrica, che giunge a destare delle convulsioni in una rana perfettamente e di fresco preparata: a produrre il qual effetto per altro vi vuole pochissimo, un nulla quasi; come si può provare colle scariche elettriche comuni, segnatamente delle boccie di Leyden, bastando le più deboli, incapaci non che a dar la menoma scintilla, ma a muovere alcun poco il più delicato elettrometro (1), quello di Bennet a listerelle di foglia d'oro da voi perfezionato.

(1) Vegg. le prime Memorie pag. 78.

Ci vuole ancor poco assai, sebben ci voglia quattro o cinque volte di più, a scuotere la rana non del tutto preparata; ma scorticata e sventrata in guisa che compaiano i nervi ischiatici, senza però recidere le parti posteriori su cui riposano: tanto poco ci vuole, che basta ancora per eccitare le convulsioni in cotesta rana, che diremo mezzo preparata, la carica di una boccia che non muove, o muove appena un' elettrometro sensibilissimo (1); e similmente basta la corrente elettrica eccitata e indotta dal semplice accozzamento di tre conduttori diversi, de' quali uno o due siano metallici o di 1.ª classe: ove cioè od un conduttore umido, un conduttore di 2.ª classe trovisi interposto a due di 1.ª molto diversi tra loro; od a rovescio uno di 1.ª classe trovisi frapposto a due di 2.ª molto pure diversi (intorno alla qual ultima maniera mi riservo a trattenervi un' altra volta più a lungo).

Dico *molto diversi*, perchè se qualunque anche picciola diversità sia dei due conduttori di 1.ª classe, sia dei due di 2.ª classe interpolati rispettivamente da uno dell' altra classe può in alcune circostanze bastare all' uopo; se quella debolissima corrente di fluido elettrico, che s' induce in virtù di siffatti accozzamenti può eccitare le convulsioni nelle gambe della rana compitamente preparata, in guisa cioè che ne' soli nervi crurali debba passare tutta ristretta tal corrente; non è già valevole ad

---

(1) Vegg. come sopra.

eccitarle nella rana sol mezzo preparata, in cui minor parte di essa corrente passa pe' detti nervi, più larga via presentandole le annesse parti, egualmente, se non più ancora umide e deferenti: conviene in tal caso, per ottenere l'effetto, che sia non così debole e meschina la corrente elettrica, ma alquanto più copiosa o più forte (sebbene non ancor tanto da darne segno i comuni elettrometri anche più sensibili), quale si eccita soltanto ove o i due conduttori di 1.ª classe interpolati da uno di 2.ª, o i due di 2.ª interpolati da uno di 1.ª, come si è indicato, siano un dall' altro assai diversi.

Ma coll' accozzamento di tre conduttori tutti della 2.ª classe, o conduttori umidi, escluso cioè dal circolo ogni metallo, miniera, pirite, carbone, ogni conduttore insomma di 1.ª classe, con que' soli di 2.ª quanto si voglia diversi, intrecciati e applicati in qualunque modo, non ho potuto mai ottenere la più picciola convulsione o sbattimento nella rana preparata soltanto a metà: molto meno è possibile ottenerle in una rana, che non sia neppure sventrata (nel qual caso vi vuole una forza elettrica otto o dieci volte ancora maggiore, come ho trovato colle scariche dei conduttori delle macchine, delle boccie ec. (1)); molto meno ancora in un membro o muscolo staccato dalla medesima, o da altro animale ec., se tal membro o muscolo non è preparato

(1) Vegg. le prime Memorie.

in maniera che il nervo inserviente al moto sia snudato, e ne penda fuori tutto libero intorno: laddove le ottengo facilmente in cotali membri e muscoli spogliati appena degli integumenti, senza cioè scoprire e mettere a nudo alcun nervo, e fino nelle rane, anguille ec., intatte e intiere; ottengo, dico, delle forti contrazioni muscolari, e moto violento de' membri, impiegando due metalli molto diversi (1), e. g. argento e piombo, o meglio argento e foglio stagnato, o meglio ancora argento e zinco, ed applicandoli o immediatamente uno ad una parte, l' altro all' altra di quel tal animale, di quel tal membro o muscolo, o coll' interposizione d' altri conduttori umidi ossia di 2.ª classe: ed anche con un solo metallo o conduttore di 1.ª classe, ottengo gli stessi moti, segnatamente col zinco, interponendolo a due conduttori di 2.ª classe molto diversi, come all' acqua da una parte, o ad un corpo qualunque imbevuto di umor acquoso, e dall' altra a un forte liquor alcalino. Ma di quest' ultima maniera, in cui interviene un solo conduttore di 1.ª classe, ho già detto che mi riservo a parlare più lungamente un' altra volta. Quì consideriamo le combinazioni, in cui non ne entra nessuno di detta 1.ª classe nel circolo de' conduttori; e concludiamo da quanto si è detto e mostrato finora, che se l' azione sul fluido elettrico nell' accozzamento di tre tutti

(1) Vegg. come sopra.

della 2.ª classe, comunque diversi tra loro, non può dirsi che sia sempre senza effetto sensibile, ella è però debolissima, e incomparabilmente meno efficace di quella che risulta per l'intreccio di due di una classe, ed uno dell'altra diversi molto tra loro.

Ed ecco così generalizzato il principio, che in ogni combaciamento di conduttori diversi sorge un'azione, che dà mossa più o meno al fluido elettrico; tantochè, ove compiasi il circolo da tre appunto quali essi sieno, purchè diversi, una qualche corrente o mediocre, o debole, o debolissima di esso fluido viene sempre incitata. Inerendo al qual principio o legge generale da me scoperta, e che tutto concorre a stabilire, invece di restringerci a dire, come per lo passato = che il fluido elettrico è messo in corrente ogniqualvolta due conduttori metallici diversi comunicando fra loro o immediatamente o per altri metalli prendon di mezzo e combaciano uno o più conduttori umidi, ossia della 2.ª classe, continui; = diremo semplicemente e in generale = ogniqualvolta uno o più conduttori continui di questa 2.ª classe s'interpongono a due diversi e tra loro, e col corpo che combaciano = lasciando fuori il termine *metallici*, che pone una certa limitazione non troppo giusta; oppure cambiando le parole *conduttori metallici diversi* in *conduttori diversi, massime metallici*, o di 1.ª classe: col qual *massime* e si conserva la prerogativa, che fin nelle prime Memorie ho attribuita a tali conduttori di 1.ª classe, di esser cioè eccitatori, o motori che dir si vo-

gliono per eccellenza; e l'istessa virtù in grado molto inferiore si concede pur anche a quelli di 2. classe; come fu già mio pensiero; e come viene finalmente dimostrato che la possiedono diffatti tale virtù, ma appunto debole assai, dalle sperienze sopra addotte; intorno alle quali mi propongo di trattenervi ancora in un' altra lettera.

Sono intanto ec.

Fine della Parte I. del Tomo II.

INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE IN QUESTA PRIMA PARTE DEL TOMO SECONDO